

ANALES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA

ARGENTINA

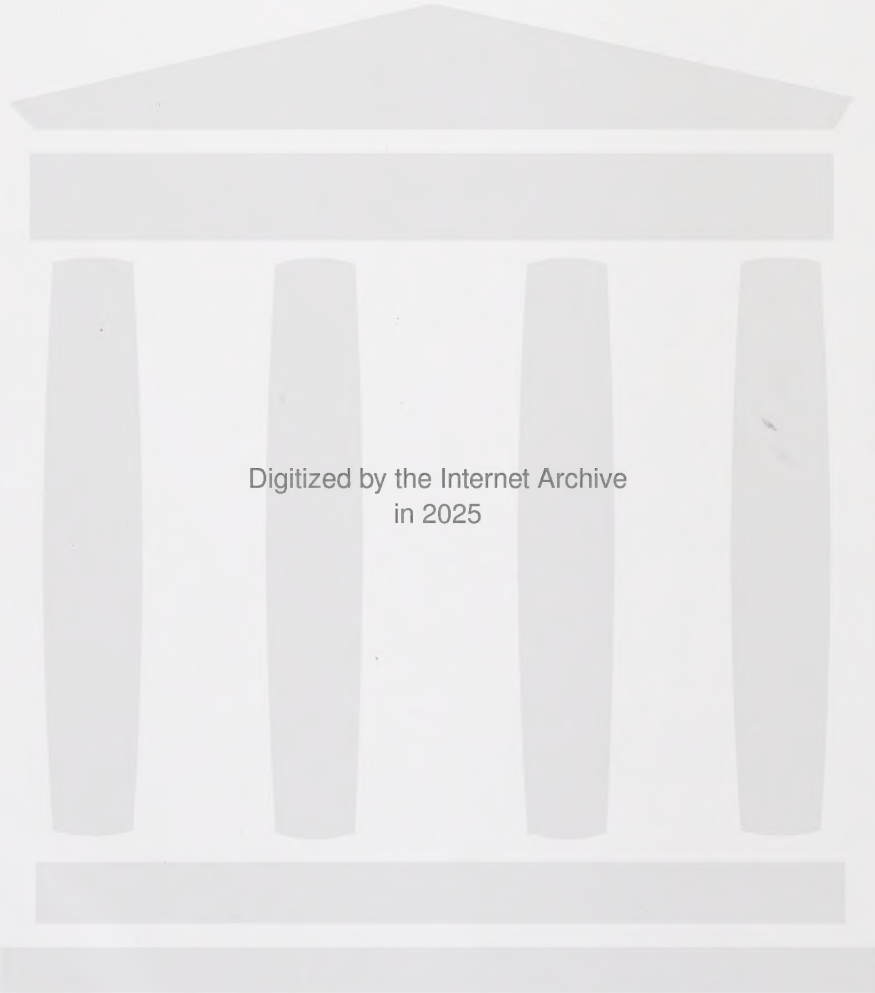
DIRECTOR: EMILIO REBUELTO

TOMO CXXXIV

BUENOS AIRES

CALLE SANTA FE 1145

—
1942



Digitized by the Internet Archive
in 2025

SECCION OFICIAL
DE LA
SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA
SECCION « SANTA FE »

VISITA AL MUSEO DE ENTRE RIOS

El 16 de Mayo de 1942 un grupo de socios de la sección « Santa Fe » de la Sociedad Científica Argentina, realizó una excursión a la vecina ciudad de Paraná con el objeto de visitar el Museo de Entre Ríos (Historia, Ciencias naturales, Etnología, Arqueología e Industrias).

Los visitantes recorrieron en primer lugar las dependencias del Museo ubicadas en la Escuela Centenario, donde están instaladas las secciones correspondientes a ciencias naturales, etnografía, arqueología e industrias, recorriendo esas dependencias acompañados por el director del Museo, profesor Antonio Serrano, y personal técnico del mismo. A continuación visitaron el Instituto Martiniano Leguizamón, donde está instalada la Biblioteca del Museo y las secciones correspondientes a Historia, Numismática, etc. Los socios asistentes pusieron de manifiesto la grata impresión recibida en la visita a las distintas secciones del Museo expresando su agradecimiento al profesor Serrano y demás personas que lo acompañaron, por las indicaciones recibidas durante la visita y por las atenciones de que fueron objeto.

Asamblea ordinaria del 16 de Mayo de 1942

El 16 de Mayo de 1942 los socios de la sección « Santa Fe » de la Sociedad Científica Argentina se reunieron en asamblea ordinaria con el objeto de considerar la memoria de la presidencia y balance de tesorería correspondientes al período 1941-1942 y elegir la nueva Comisión Directiva de la sección.

Damos a continuación la memoria y balance aprobados por la asamblea así como la nómina de las autoridades de la sección para el período 1942-1943.

MEMORIA DE LA PRESIDENCIA CORRESPONDIENTE AL EJERCICIO 1941-42

Señores consocios:

En cumplimiento de disposiciones reglamentarias, someto a vuestra consideración la memoria anual del período que hoy fenece, informando sobre la labor desarrollada por la Sección Santa Fe de la Sociedad Científica Argentina.

Los escasos recursos con que cuenta la Sección no han permitido desplegar ciertas actividades que importan erogaciones, como ser la realización de excursiones de estudio, adquisición de material bibliográfico, etc. Por la misma razón no se han traído conferencistas destacados, si bien es cierto que la C. D. no se preocupó de organizar conferencias por cuanto estimó superfluo insistir sobre esta forma de difusión científica, teniendo los socios oportunidad de concurrir al nutrido y calificado programa organizado por el Instituto Social de la Universidad del Litoral.

La principal preocupación de la C. D. la constituyó el fomento de la investigación científica.

En el transcurso del año 1941 se efectuaron tres sesiones de comunicaciones científico-técnicas, donde fueron presentados y aprobados once trabajos originales, a saber:

JOSÉ PIAZZA. — *Destilación fraccionada con aparatos de contracorriente interna.*

ROROLFO ROUZAUT. — *Aplicaciones de laboratorio con el destilador Piazza.*

G. BERRAZ y E. VIRASORO. — *Dispositivo para la obtención de capas delgadas de selenio gris por sublimación en el vacío.*

G. A. FESTER. — *Colorantes de insectos.*

G. A. FESTER y A. COLLADOS. — *Destilación por arrastre en medio anhidro.*

JOSÉ PIAZZA. — *Calentamiento del vapor en equilibrio con una solución en las condiciones críticas.*

E. SCHIEL y A. RAGONESE. — *La infección de la alfalfa con *Rhizobium Meliloti* D. en la provincia de Santa Fe.*

G. BERRAZ. — *Estudio experimental de un vacuómetro termoeléctrico.*

JOSÉ PIAZZA. — *Piezómetro de laboratorio.*

M. SCHIVAZAPPA. — *Acerca de un nuevo criterio para el estudio de la electrología.*

E. VIRASORO. — *Extracción de la lignina del quebracho blanco con el éster acetilacético.*

Algunos de estos trabajos fueron publicados en extenso en los *Anales de la Sociedad Científica Argentina*.

A principios de Junio nuestro consocio el Dr. Gustavo Fester fué solicitado por la J. D. Central para dictar una conferencia en Buenos Aires, que versó sobre « Materias asfálticas y su relación con el petróleo ».

La organización de la Biblioteca de la Sección preocupó también a la C. D., pero el problema no está resuelto aún. Por falta de local y muebles, los libros, revistas y *Anales* de la Sociedad se encuentran dispersos, en lugares poco accesibles a los socios y en forma desordenada. En la última reunión de la C. D. se resolvió solicitar un subsidio a la Central para la adquisición o construcción de estanterías para el material bibliográfico de nuestra sección, pero aún así queda por ubicar los muebles, pues en la Biblioteca de la Facultad de Química, donde se encuentra una buena cantidad de nuestros libros y revistas, lo exiguo del espacio no permite la colocación de nuevas estanterías. Por lo contrario, se me ha sugerido más bien que se retire las existencias de la Sociedad Científica para dar cabida a los propios libros y revistas. La nueva C. D. tendrá que estudiar alguna forma de dar solución al asunto.

A los efectos de facilitar la consulta de obras y publicaciones periódicas existentes en la Biblioteca de la Sociedad Científica Argentina (Central) a los socios de la Sección Santa Fe, la C. D. se dirigió a aquélla en el sentido de que se acordara el préstamo de libros y revistas a los asociados de nuestra sección, bajo la responsabilidad de esta última. La J. D. de la Central resolvió favorablemente el pedido acordando lo siguiente:

« Los pedidos de libros (obras) y revistas (publicaciones periódicas) se harán a la sede central de la Sociedad Científica, de parte de las autoridades de la Sección, la que deberá devolver los mismos dentro de un plazo de veinte días (20), a partir de la fecha de despacho de la Sede Central hasta la llegada de vuelta.

« La Sección es responsable ante la Sociedad por pérdidas o deterioros, de acuerdo con los términos de la reglamentación vigente en esta Biblioteca ».

Recientemente apareció un catálogo de las publicaciones periódicas científicas argentinas y extranjeras e instituciones del país que las reciben.

Un ejemplar obra en nuestro poder a disposición de los señores socios.

A propuesta del Ing. A. Ragonese la C. D. resolvió dirigir a los socios de la Sección una circular en el sentido de que cuando publiquen trabajos y no aparezcan en los *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, remitan, a ser posible, un cierto número de separados a las autoridades de la Sección Santa Fe, con el objeto de distribuirlos entre los demás asociados de la misma.

La Sección cuenta actualmente con 52 socios activos, habiendo ingresado 3 durante el ejercicio, sin producirse ninguna baja.

De acuerdo al informe de tesorería el movimiento de fondos ha sido el siguiente: Ingresos, \$ 1.512,95; gastos, \$ 1.318,60; saldo en efectivo que pasa al ejercicio siguiente: \$ 194,35.

Agradezco la eficaz y desinteresada colaboración prestada por los miembros de la C. D. y encargados de publicaciones y canje, Ing. Babini y Rouzaut, destacando el ambiente cordial que ha reinado en las reuniones y sesiones de comunicaciones.

En nombre de la Sociedad Científica Argentina, Sección Santa Fe, agradezco a las autoridades de la Facultad de Química Industrial y Agrícola y Escuela Industrial por la prestación del local, instalaciones y medios de transporte para la realización de los actos, algunos de los cuales se vieron concurridos por personal y numerosos estudiantes de la casa.

Santa Fe, Mayo de 1942.

V. S. NICOLLIER
SECRETARIO

G. BERRAZ
PRESIDENTE

COMISION DIRECTIVA

Período 1942-43

<i>Presidente</i>	Ing. Quím. GUILLERMO BERRAZ
<i>Vicepresidente</i>	» Agr. BRUNO SANTINI
<i>Secretario de Actas</i>	» Quím. OSCAR MALLEA
» » <i>Correspondencia</i> ..	Per. » VÍCTOR S. NICOLLIER
<i>Tesorero</i>	Ing. » RAFAEL O. MÉNDEZ
<i>Vocal Titular I</i>	Prof. ROLANDO HEREÑÚ
» » <i>II</i>	Ing. Agr. ARTURO E. RAGONESE
» <i>Suplente I</i>	» Civil FRANCISCO E. URONDO
» » <i>II</i>	» Quím. JOSÉ SALGADO
<i>Encargado de Publicaciones</i> ...	» Civil JOSÉ BABINI
» » <i>Biblioteca y Canje</i>	» Quím. RODOLFO ROUZAUT

SOCIOS ACTIVOS

Anadon, Leonidas
Ariotti, Juan C.
Babini, José
Berraz, Guillermo
Bertuzzi, Francisco A.
Bossi, Celestino
Cerana, Miguel
Claus, Guillermo
Crouzeilles, A. L. de
Cruellas, José
Christen, Carlos C.
Christen, Rodolfo G.
Fester, Gustavo A.
De la Puente, Nemesio
Gollan, Josué
Giscafré, Lorenzo
González, Wenceslao
Hereñú, Rolando
Hotschewer, Curto E.
Kleer, Gregorio
Juliá Tolrá, Antonio
Lachaga, Dámaso A.
Lexow, Siegfried
Mai, Carlos
Mallea, Oscar
Mántaras, Fernando R.

Marino, Antonio
Méndez, Rafael O.
Minervini, José
Montpellier, Luis M.
Mounier, Celestino
Muzzio, Enrique
Nigro, Angel
Nicollier, Víctor S.
Niklison, Carlos A.
Oliva, José
Peresutti, Luis
Piazza, José
Piñero, Rodolfo
Pozzo, Hiram
Ragonese, Arturo E.
Rouzaut, Rodolfo
Salaber, Julio
Salgado, José
Santini, Bruno
Schivazappa, Mario
Simonutti, Atilio
Tissembaum, Mariano
Urondo, Francisco E.
Vergara, Emilio
Virasoro, Enrique
Zárate, Carlos

BALANCE DE TESORERIA. — Ejercicio 1941-42

INGRESOS		EGRESOS	
Saldo del ejercicio anterior.....	\$ 258,95	Depositado en el Banco de la Nación, o/Central	\$ 1.030,50
Importe de 627 cuotas socios	» 1.254,00	Comisión cobrador	» 188,10
		Trabajos de imprenta	» 62,00
		Gastos de Secretaría, Comisiones, etc.	» 38,00
		Total	\$ 1.318,60
		Efectivo en caja	» 194,35
			\$ 1.512,95

Santa Fe, mayo de 1942

RAFAEL O. MENDEZ
TESORERO

GUILLERMO BERRAZ
PRESIDENTE

EL EFECTO ISOTOPICO EN LOS ESPECTROS MOLECULARES (*)

POR EL PROFESOR

DR. RAFAEL GRINFELD

Introducción general. — Como es sabido, los estudios de los procesos radioactivos naturales condujeron a Soddy y Fajans (1) en 1913 al descubrimiento de ciertos elementos de las familias radioactivas, que poseyendo diferentes pesos atómicos tienen igual carga nuclear que determinados elementos comunes. Por ejemplo, el *RaB* de peso atómico 214, posee la misma carga nuclear que el plomo, de peso atómico $Pb = 207,2$. Igualdad en la carga nuclear significa ocupar la misma posición o lugar en el cuadro periódico de Mendeleeff. De aquí el nombre de elementos *isótopos*.

Se descubrió, después, que también los elementos comunes, no radioactivos, se presentan generalmente como una mezcla estable y definida, de las más variadas proporciones, de dos o más isótopos.

El descubrimiento de la *isotopía* confirmó rotundamente los resultados de las investigaciones de Moseley sobre los rayos X característicos, Serie K, y la ordenación periódica de las substancias simples; o sea, que el factor determinante de las propiedades físico-químicas de un elemento no era su peso atómico sino la carga eléctrica positiva de su núcleo. Se revaloró, también, la seductora hipótesis de Prout de la unidad de la materia que hubo de abandonarse anteriormente debido a que los pesos atómicos de muchos elementos no eran múltiplos enteros del del hidrógeno. Citemos el caso del cloro con peso atómico $Cl = 35,46$. Su constitución era inexplicable en base a una fusión de un número entero de átomos

(*) Conferencia (ampliada) dictada en la Fac. de Q. I. de la U. N. del Litoral, Santa Fe, el 19 de agosto de 1940, por invitación de la Soc. Científica Arg. (Sec. S. Fe) con el auspicio del Instituto Social de dicha Universidad.

(1) *Phys. Zeit.* **14**, 131, 1913. *Chem. News* **14**, 422, 1913.

de hidrógeno. Esta, como las otras excepciones, confirmó dicha hipótesis, al revelarse que el cloro natural es una mezcla de dos especies o isótopos de pesos atómicos 35 y 37: Cl^{35} y Cl^{37} en proporción de 4 : 1.

Dempster ⁽¹⁾ y Aston ⁽²⁾, especialmente este último, con su « espectrógrafo de masas », han descubierto que la mayoría de los elementos se presentan como una mezcla de 2 ó más isótopos de pesos atómicos enteros; despreciando fracciones muy pequeñas de la unidad. Los procedimientos iniciales han sido perfeccionados por el mismo Aston ⁽³⁾, Bainbridge ⁽⁴⁾ y otros, permitiendo determinar los pesos atómicos de los elementos y sus isótopos con una precisión que iguala y a veces supera la de las mejores determinaciones químicas. El conocimiento del número de especies atómicas que existen en la naturaleza y el de sus pesos atómicos ha sido siempre una cuestión de la mayor importancia realizada, ahora, por los estudios de la estructura y de la transmutación nuclear.

Dado que la carga nuclear determina el número de los electrones atómicos y su distribución energética, la mayoría de las propiedades físico-químicas comunes de los isótopos de un elemento, que dependen de esa carga y del número de electrones son, pues, las mismas. Por ejemplo, se comportan igualmente en las reacciones químicas, presentando la misma valencia, etc. De aquí la imposibilidad de revelar y separar los isótopos, químicamente. El campo eléctrico extranuclear es igual en los isótopos (dejando de lado diferencias pequeñísimas), pero no así su masa nuclear o peso atómico. Además existen importantes diferencias entre sus momentos intrínsecos de rotación — « spin » nuclear — y entre sus momentos magnéticos nucleares. Era de esperar que estas diferencias se tradujeran en efectos sobre los espectros atómicos y moleculares de los isótopos.

Los espectros luminosos emitidos o absorbidos por las sustancias elementales las caracterizan plenamente: el espectro del *H* es diferente del espectro del *O* y el de éste del espectro del *Cl*, etc. Según la Física actual los espectros llamado *de líneas*, son emitidos

⁽¹⁾ *Phys. Rev.*, **11**, 316, 1918.

⁽²⁾ *Phil. Mag.*, **38**, 709, 1919. « Isotopes », 2ª Ed. Londres, 1924.

⁽³⁾ « Mass-Spectra and Isotopes ». Londres, 1933. *Proc. Roy. Soc. (A)*, **115**, 487, 1927.

⁽⁴⁾ *Phys. Rev.*, **34**, 752, 1929. *Jour. Franklin Inst.*, **212**, 317, 1931. *Phys. Rev.*, **39**, 847, 1021, 1931 y sigs. Ver también: J. MATTAUCH, *Phys. Zeit.*, **35**, 567, 1934. (*Berichte*).

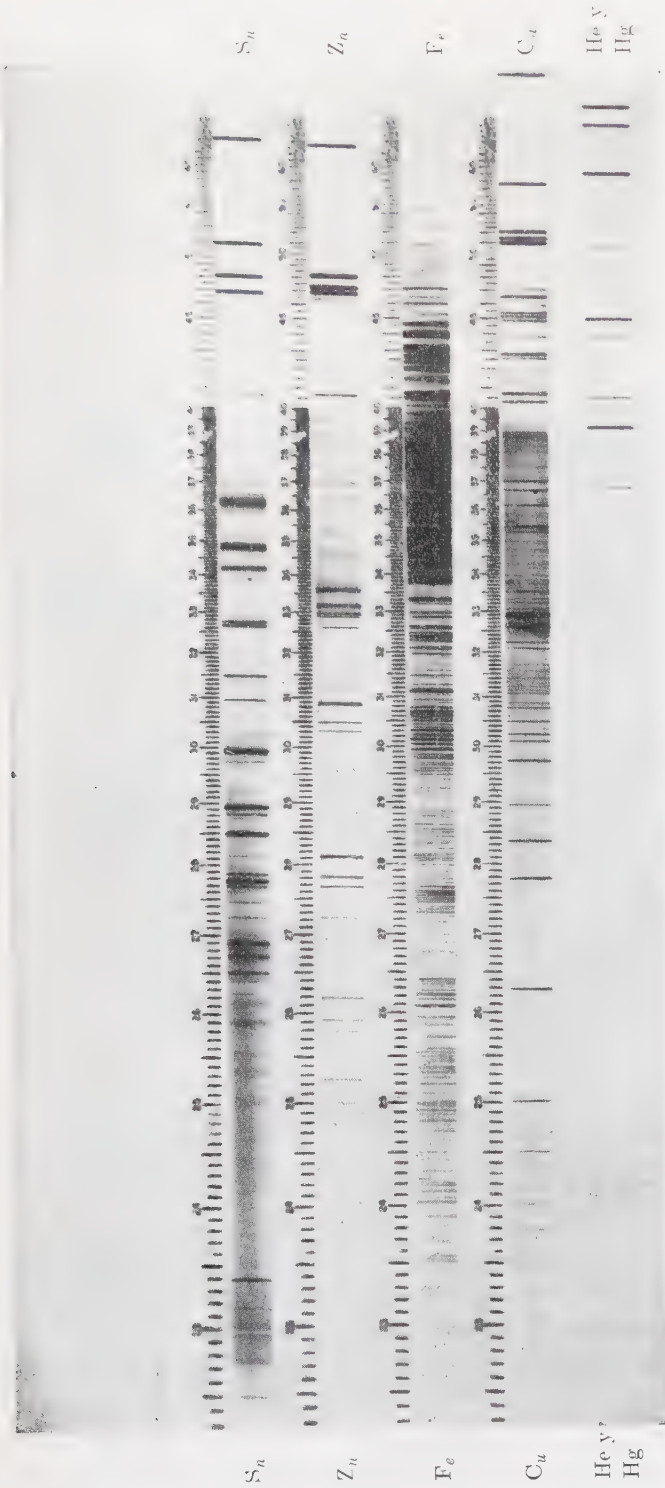


Fig. 1. — *Espectro de líneas*. — Los 4 primeros (de arriba-abajo) son los espectros de arco de los siguientes elementos Sn, Zn, Fe y Cu. El último lo es de un tubo de Geissler que contiene He y Hg. Al lado de los 4 de arriba se ven escalas graduadas en centenas de Å. Estos espectrogramas han sido obtenidos con un espectrógrafo de prisma de cuarzo (Hülger) del Instituto de Física de la Universidad Nacional de La Plata, por el autor.

o absorbidos por variaciones energéticas del átomo, al « saltar » el electrón óptico, o el más débilmente unido al núcleo, de una órbita cuántica a otra. El aspecto de esos espectros, obtenidos por los modernos espectrógrafos, se caracteriza por ofrecer un conjunto de líneas « monocromáticas », de determinada longitud de onda λ , de variada intensidad distribuídas, a primera vista, caprichosamente. En la figura 1 reproducimos 5 espectros de líneas obtenidas con un espectrógrafo del Instituto de Física de la Universidad Nacional de La Plata.

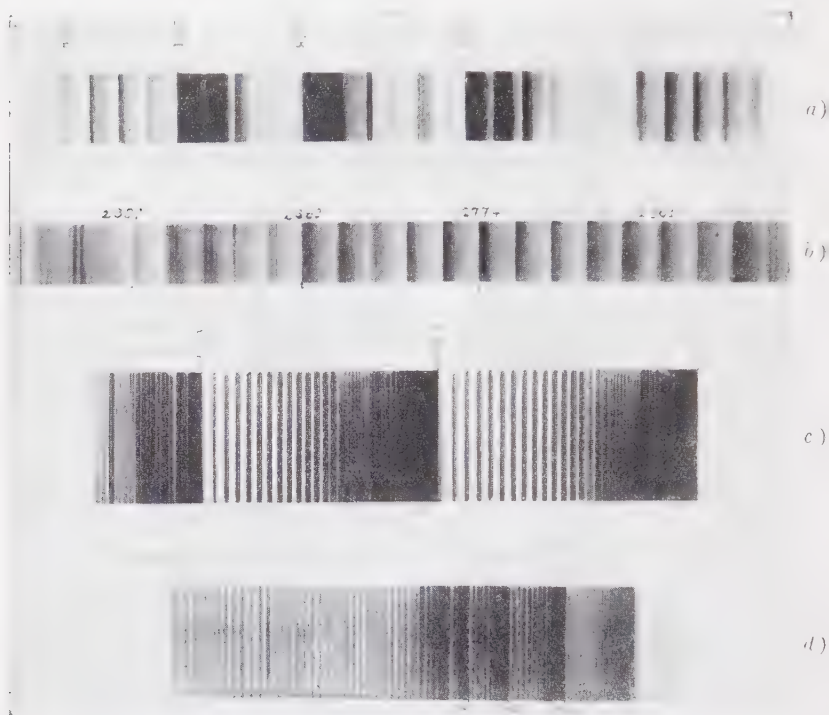


FIG. 2. — *Espectros de bandas*. — *a* y *b* « degradadas hacia el rojo ». *c* y *d* « degradadas hacia el violeta ». *a*) Bandas de la molécula PN (según Cury, Herzberg y Herzberg, *Z. f. Phys* **86**, 348, 1933). *b*) Bandas de P_2 , según placas inéditas del prof. F. A. JENKINS, y que estamos estudiando *c*) Bandas de N_2 , segundo grupo positivo (Ver H. SPONER, *Molekülspektren*, etc. T. II, p. 58, 1936). *d*) Las famosas bandas de la molécula CN al 3884 « A ». (Ver: H. M. KONEN, *Das Leuchten der Gase und Dämpfe*, p. 33, 1913).

En la figura 2, tenemos otro tipo de espectro. Espectro *de bandas*. Llamado así por su aspecto. Este tipo de espectro ha sido atribuído por razones teóricas y experimentales a variaciones energéticas de las moléculas. Por esto se llaman, también, *espectros moleculares*.

Consideraciones generales sobre los espectros moleculares.

— Como se ve en la figura 2, un espectro de bandas consta de un conjunto más o menos extenso de agrupaciones de muchas y angostas líneas en pequeñas regiones de emisión o de absorción que reciben el nombre de bandas. Se llama *cabeza de banda* a la parte donde ésta termina bruscamente después que sus líneas se han apiñado tanto que los espectrógrafos más poderosos no alcanzan a separarlas. En el espectro total de una substancia existen a veces centenares de bandas que se agrupan en *sistemas* de bandas, por aparecer juntas y con ciertas características comunes. Existen diferentes tipos de bandas en cuanto a la formación de la cabeza de banda. Se denominan *bandas « degradadas » hacia el rojo* a las que se extienden hacia el rojo de su cabeza, como las del P_2 ; las CN (3883 Å); sistema ultravioleta negativo de O^+_2 (4360 Å — 2200 Å); *bandas degradadas hacia el violeta* a las que se extienden hacia el violeta de su cabeza, como p. ej. las bandas del 2º grupo positivo del N_2 ; las del PO; las del sistema de Swan del C_2 de 6680 Å — 4300 Å y *bandas sin cabezas* como algunas de CO, PO, etc.

La energía de una molécula biatómica. — En lo que sigue consideraremos, solamente, el caso de moléculas biatómicas. Esque-

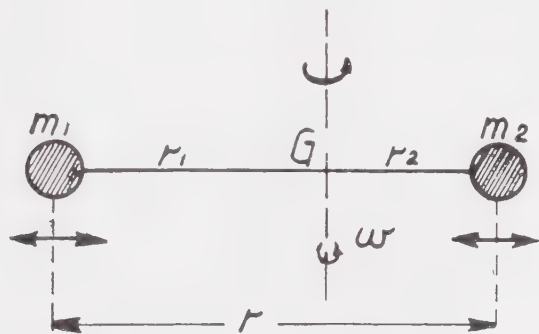


FIG. 3. — Representación esquemática de una molécula biatómica. Los círculos m_1 y m_2 representan los núcleos de los átomos que forman la molécula. G es el centro de gravedad de m_1 y m_2 , a cuyo alrededor giran a distancias r_1 y r_2 los dos núcleos.

máticamente se las puede representar por los dos núcleos de masas m_1 y m_2 , separados por la distancia $r = r_1 + r_2$, abstrayendo del conjunto de electrones extranucleares que los acompañan y de los que en la combinación pasan a pertenecer al conjunto molecular. Ver figura 3.

En un átomo, como ya dijimos, la energía y el impulso del mismo depende del movimiento y distribución de los electrones sobre « sus órbitas », de los « spin » electrónicos y nuclear. En la molécula, además de la energía electrónica E_e , del mismo orden de magnitud que la de los átomos, definida por un conjunto de *números cuánticos electrónicos*, existen otras dos fuentes de energía: a) *la energía de rotación*

$$E_r = \frac{1}{2} I \dot{\varphi}^2$$

donde es I el momento de inercia molecular respecto al eje de rotación EE que pasa por el centro de gravedad G de la misma y es normal a la línea que une los dos núcleos y $\dot{\varphi} = \frac{d\varphi}{dt}$ es la velocidad angular de la molécula alrededor del mismo eje; y b) *la energía de vibración* E_v que depende de la frecuencia de vibración ω de sus núcleos sobre la línea que los une. La energía molecular total E estará, pues, compuesta por tres términos: (*)

$$E = E_e + E_v + E_r . \quad [1]$$

Cada una de estas energías puede variar, sólo discontinuamente de acuerdo a las leyes cuánticas, por agentes exteriores como el calor, la luz, la electricidad, etc., con lo que se obtiene un sistema triple, discreto, de estados energéticos moleculares: *estados electrónicos*; *estados vibracionales* y *estados rotacionales*.

Como es sabido, se acostumbra a expresar las energías atómicas y moleculares en « número de ondas por centímetro », $\nu \text{ cm}^{-1}$, que es igual a la inversa de la longitud de onda λ , $\nu = \frac{1}{\lambda}$, lo que se obtiene dividiendo las energías expresadas en « ergios » por hc , donde $h = 6,547 \times 10^{-27} \text{ erg-seg}$ (1) es el « cuanto de acción » de Planck y $c = 2,998 \cdot 10^{10} \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$ la velocidad de la luz en el vacío. Las energías expresadas en cm^{-1} se llaman « términos espectroscópicos ».

(*) Esto constituye una simplificación del problema que vale en primera aproximación solamente. En realidad las 3 formas de energía molecular se dan simultáneamente influenciándose recíprocamente. Existen, pues, términos de interacción entre rotación y vibración, etc.

(1) R. T. BIRGE. — *Rev. Mod. Phys.*, **1**, 1, 1929. Ver trabajos más modernos del mismo autor.

Tendremos, pues, en la molécula biatómica, tres series de términos. El término T correspondiente a un estado energético E será igual a la suma de los términos electrónicos T_e , con los términos vibracionales $G(v)$ y los términos rotacionales $F(r) = F(J)$. Es decir, dividiendo la [1] por hc ,

$$\frac{E}{hc} = \frac{E_e}{hc} + \frac{E_v}{hc} + \frac{E_r}{hc} \quad [1']$$

obtenemos

$$T = T_e + G(v) + F(J). \quad [2]$$

Todo átomo o molécula tiene un *estado normal* o *fundamental* en el cual se encuentra si sobre el mismo no actúan agentes excitadores. Cuando absorbe energía (luz) pasa a un estado energético « superior ». Se dice que el átomo o la molécula está « excitado ». Cuando pasa de un estado E' , « superior », a otro E'' , « inferior », *emite* energía en forma de radiación (y en el proceso inverso *absorbe* tal energía) cuya frecuencia espectroscópica ν (expresada en cm^{-1}) está dada por la relación general del cuanto de Bohr:

$$\nu = \frac{E'}{hc} - \frac{E''}{hc} = T' - T''. \quad [3]$$

La variación energética debido a un salto electrónico de la molécula resulta del mismo orden de magnitud de la variación atómica correspondiente o sea de algunas decenas de miles de cm^{-1} . Por ej. en el espectro del fluoruro de magnesio MgF (sistema ${}^2\Sigma \rightarrow {}^2\Sigma$) ⁽¹⁾ es $T' - T'' = 37172 \text{ cm}^{-1}$, que corresponde a una longitud de onda $\lambda = 2690 \text{ Å}^0$.

La energía de vibración molecular es en general bastante menor que la electrónica media. Oscila alrededor de los 1000 cm^{-1} . Una molécula en un estado cuántico electrónico T_e — que equivale a una determinada distribución electrónica — puede poseer diferentes amplitudes o sea energías de vibración nuclear $E(v)$ caracterizadas por otros tantos términos de vibración $G(v)$, múltiplos de una energía mínima o « *cuanto de vibración* » que está determinada por el *número cuántico vibracional* (entero) n ó v .

⁽¹⁾ F. A. JENKINS y R. GRINFELD. — *Phys. Rev.*, **45**, 229, 1934.

Por último, la energía de la rotación molecular oscila entre unos pocos y 100 cm^{-1} , salvo casos raros. De acuerdo a la *teoría de Bohr*, las energías de rotación y de vibración moleculares están cuantificadas; vale decir, que sólo pueden variar por cantidades, « cuantos » o « quanta », enteros de energía de rotación y de vibración, respectivamente, determinadas por los números cuánticos J de rotación y n o v de vibración. Luego a cada estado electrónico molecular T_e corresponde un conjunto de estados energéticos de vibración $G(v)$ y a cada uno de los estados de vibración pueden acompañar numerosas energías o estados de rotación $F(J)$. En otras palabras, dada cierta distribución de los electrones moleculares, la molécula puede vibrar y rotar de muy diversas maneras. A cada una de éstas corresponde un estado energético distinto. Un estado energético molecular, en su totalidad, queda, entonces, caracterizado por su energía electrónica, por la energía de la vibración de sus núcleos y por la energía de rotación de los mismos. Esto explica la multitud de líneas y la complicada estructura de los espectros de bandas.

Expresión aproximada de la energía cuantificada de vibración. — Según la hipótesis original de Planck un « vibrador armónico de frecuencia $\tilde{\nu} = c w$, puede sólo emitir o absorber múltiplos enteros $n\varepsilon$ (n , entero) de cierta energía mínima ε , *cuanto de energía vibratoria* que es proporcional a la frecuencia ν de la vibración. Es decir, $\varepsilon = h\tilde{\nu}$.

La energía total del estado vibracional puro de número cuántico vibracional n , será, pues:

$$E_n = n\varepsilon = n h \tilde{\nu} = n h c w, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Donde $w = \frac{\nu}{c}$ es la frecuencia de la vibración expresada en cm^{-1} .

El término vibracional resulta:

$$G(v) = \frac{E_v}{hc} = \frac{n h c w}{hc} = n w \text{ cm}^{-1} \quad [4]$$

Esta expresión de la energía vibratoria molecular vale sólo como una primera aproximación para amplitudes de vibración muy pequeñas y admitiendo que durante la vibración se conserva constante la distribución electrónica y es nula la energía de rotación. Pero

en general, la vibración de los núcleos moleculares no se puede equiparar a la de un oscilador armónico sino uno anarmónico, apareciendo entonces, como veremos después, términos que son función de la 2ª, 3ª, etc. potencia de la frecuencia w .

Expresión aproximada de la energía cuantificada de rotación de la molécula biatómica rígida.— Supongamos que la molécula gire con la velocidad angular $\dot{\varphi}$ alrededor del centro de gravedad G de los dos núcleos. Ver fig. 3. Tenemos:

$$r_e = r_1 + r_2 ; m_1 r_1 = m_2 r_2 ; I_e = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 \quad [5]$$

Donde es r_e la distancia internuclear o diámetro molecular de equilibrio, I_e su momento de inercia.

Llamando *masa reducida* de la molécula a la expresión $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ el momento de inercia molecular en la posición de equilibrio de su vibración resulta, teniendo en cuenta las [5],

$$I_e = \mu r_e^2.$$

La energía cinética de rotación « pura » $E_r = \frac{1}{2} I_e \dot{\varphi}^2$, expresada en función del impulso rotatorio

$$p_\varphi = \frac{\partial E}{\partial \dot{\varphi}} = I_e \dot{\varphi}$$

es,

$$E_r = \frac{p_\varphi^2}{2 I_e} \quad [6]$$

Ahora bien, de acuerdo a la teoría de Bohr, el impulso sólo puede tomar los valores múltiples enteros de $\frac{h}{2\pi}$, o sea:

$$p_\varphi = J \frac{h}{2\pi}, \quad J = 0, 1, 2, 3, \dots \quad [7]$$

que introducido en (6), nos da la expresión de la energía rotacional

de la molécula, como función del *número cuántico de rotación* J :

$$E_r = \frac{h^2}{8 \pi^2 I_e} J^2. \quad [8]$$

Luego, el « término rotacional » será:

$$F(J) = \frac{E_r}{hc} = \frac{h}{8 \pi^2 c I_e} \cdot J^2 = B_e \cdot J^2, \quad [9]$$

donde hemos llamado B_e al coeficiente de J^2

$$B_e = \frac{h}{8 \pi^2 c I_e} = \frac{h}{8 \pi^2 c \mu r_e^2}. \quad [10]$$

La expresión [8] de la energía cuantificada de rotación es también, sólo, una primera aproximación.

Segunda aproximación de la expresión de la energía rotatoria de la molécula biatómica. — Se obtiene una segunda aproximación — siempre dentro de la teoría cuántica « clásica » o de Bohr — considerando que al rotar, la fuerza centrífuga varía la distancia internuclear. Si aceptamos que la fuerza F de restitución a la posición de equilibrio es proporcional a la elongación $r - r_e$, fuerza armónica, o sea $F = \kappa (r - r_e)$, la energía V proveniente de esta « distorsión » rotacional será $V = \kappa \frac{(r - r_e)^2}{2}$. Luego la energía molecular estará dada por:

$$E_r = \frac{p_\varphi^2}{2 \mu r_e^2} + V.$$

Desarrollando esta expresión y cuantificando el impulso p_φ se llega al resultado siguiente ⁽¹⁾:

$$E_r = \frac{h^2}{8 \pi^2 \mu r_e^2} \left(J^2 - \frac{4 \pi^2 \kappa \mu r_e^2}{h^2} J^2 \right). \quad [11]$$

(¹) Ver, por ejemplo, RUARK and UREY: *Atoms, Molecules and Quanta*, p. 373.

O sea,

$$F(J) = \frac{E_r}{hc} = B_e J^2 + D_e J^4 \quad [12]$$

donde B_e tiene el mismo valor que en [10] y

$$D_e = -u^2 B_e = -\frac{h}{4\pi^2 \kappa \mu r_e^2} \cdot B_e \quad [13]$$

Energía cuantificada de la molécula biatómica en rotación y vibración simultáneas.—Hasta aquí hemos tratado el movimiento de rotación independiente del de vibración. La rotación « pura » se presenta sólo en los espectros infrarrojos de rotación a los que se aplica—con correcciones que provienen de la mecánica cuántica—la fórmula [12]. Pero en general se debe considerar el sistema molecular, como lo ha hecho por primera vez Kratzer⁽²⁾, basado en la teoría de Bohr, como un sistema de dos cuerpos, los dos núcleos, que al propio tiempo que giran alrededor de su centro de masas, vibran con cierta frecuencia, sobre su línea de unión; o sea como un vibrador en rotación. La energía total—cinética más potencial—de la molécula expresada en coordenadas polares r y φ , será:

$$E_T = \frac{1}{2} \mu \dot{r}^2 + \frac{1}{2} \mu r^2 \dot{\varphi}^2 + V$$

donde μ es la « masa reducida » y V la energía potencial que Kratzer escribe en la forma:

$$V = c - \kappa \left[\frac{r_e}{r} - \frac{r_e^2}{2r^2} + c_3 \left(\frac{r - r_e}{r_e} \right)^3 + c_4 \left(\frac{r - r_e}{r_e} \right)^4 + \dots \right].$$

Expresando E_T en función de los impulsos generalizados p_φ y p_r conjugados de φ y r respectivamente y aplicando las condiciones cuantistas de Bohr-Sommerfeld,

$$\int p_\varphi d\varphi = Jh$$

$$\int p_r dr = nh$$

(²) *Zeit. f. Phys.*, **3**, 289, 1920.

se obtiene

$$E_T = nh\nu_e - n^2 h x_e \nu_e + \frac{h^2}{8 \pi^2 I_e} J^2 - \frac{h^2}{8 \pi^2 I_e} u_e^2 J^4 - \alpha' h n J^2 \quad [14]$$

donde

$$u_e = \frac{h^2}{4 \pi^2 I_e \omega_e} = \frac{2 B_e}{\omega_e}$$

$$\alpha' = \frac{3 \nu_e u_e^2}{2} (1 + 2 c_3 + \dots) \quad [15]$$

$$x_e = u_e \left(\frac{3}{2} + \frac{15}{2} c_3 + \frac{25}{2} c_4 + \frac{15}{4} c_3^2 \right)$$

En la ecuación [14] de Kratzer encontramos términos que representan la energía de vibración: los dependientes de n solamente; términos que expresan la energía de rotación que dependen de J únicamente y términos que dan la energía de interacción de la rotación y la vibración simultáneas. Es decir, la energía de vibración de la molécula está dada de acuerdo a la [14], por:

$$E_v = h \nu_e n - x_e \nu_e h n^2 \quad ; \quad \text{donde } n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

y el « término vibracional »: [16]

$$G(n) = \frac{E_v}{hc} = \omega_e n - x_e \omega_e n^2 \quad ; \quad \text{donde } \omega_e = \frac{\nu_e}{c}.$$

El « término rotacional » en función del estado vibratorio lo obtenemos de los restantes tres términos de la [14] divididos por hc , o sea:

$$F(J, n) = \frac{E_r}{hc} = \left(\frac{h}{8 \pi^2 I_e c} - \frac{\alpha'}{c} n \right) J^2 - \frac{h}{8 \pi^2 I_e c} u_e^2 J^4$$

que se escribe,

$$F(J, n) = B_n J^2 + D_n J^4 \quad [17]$$

donde

$$B_n = B_e - \alpha n \quad \alpha = \frac{\alpha'}{c}$$

y

$$D_n = B_e u_e. \quad [18]$$

La corrección de la mecánica cuántica.— Desde el punto de vista de la mecánica ondulatoria el problema de las energías de vibración y rotación simultáneas se plantea con Fues ⁽¹⁾ como sigue. La ecuación diferencial de Schrödinger es:

$$\Delta \psi + \frac{8 \pi^2 m}{h^2} (E - V) \psi = 0 \quad [19]$$

siendo,

$$\Delta \psi = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} ;$$

ψ la función ondulatoria, E la energía total y V la energía potencial de la partícula de masa m .

En el caso de una molécula biatómica, tenemos dos partículas — los dos núcleos — de masas m_1 y m_2 , de coordenadas cartesianas x_1, y_1, z_1 , y x_2, y_2, z_2 . La ecuación de Schrödinger se escribe, entonces:

$$\begin{aligned} \frac{1}{m_1} \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y_1^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z_1^2} \right) + \frac{1}{m_2} \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y_2^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z_2^2} \right) + \\ + \frac{8 \pi^2}{h^2} (E - V) \psi = 0. \end{aligned} \quad [20]$$

Esta ecuación integrada por Fues (l. c.), dió el siguiente resultado:

a) El término de vibración expresado en cm^{-1} es:

$$G(v) = \omega_e (v + 1/2) - x_e \omega_e (v + 1/2)^2 + \dots \quad [21]$$

donde ω_e y x_e tienen el mismo significado que en [15] y v reemplaza a n . Es decir que los números cuánticos enteros son reemplazados por números cuánticos medios.

b) El término rotacional resulta:

$$F(J, v) = B_v J(J+1) + D_v J^2(J+1)^2 + \dots \quad [22]$$

Aquí B_v y D_v tienen, también, igual significación que en [18]. Pero la teoría de Schrödinger reemplaza al cuadrado del número cuántico rotacional J^2 por $J(J+1)$, análogamente a lo que sucede en el tratamiento de la energía atómica.

(1) E. FUES. — *Ann. d. Phys.*, **80**, 367, 1926.

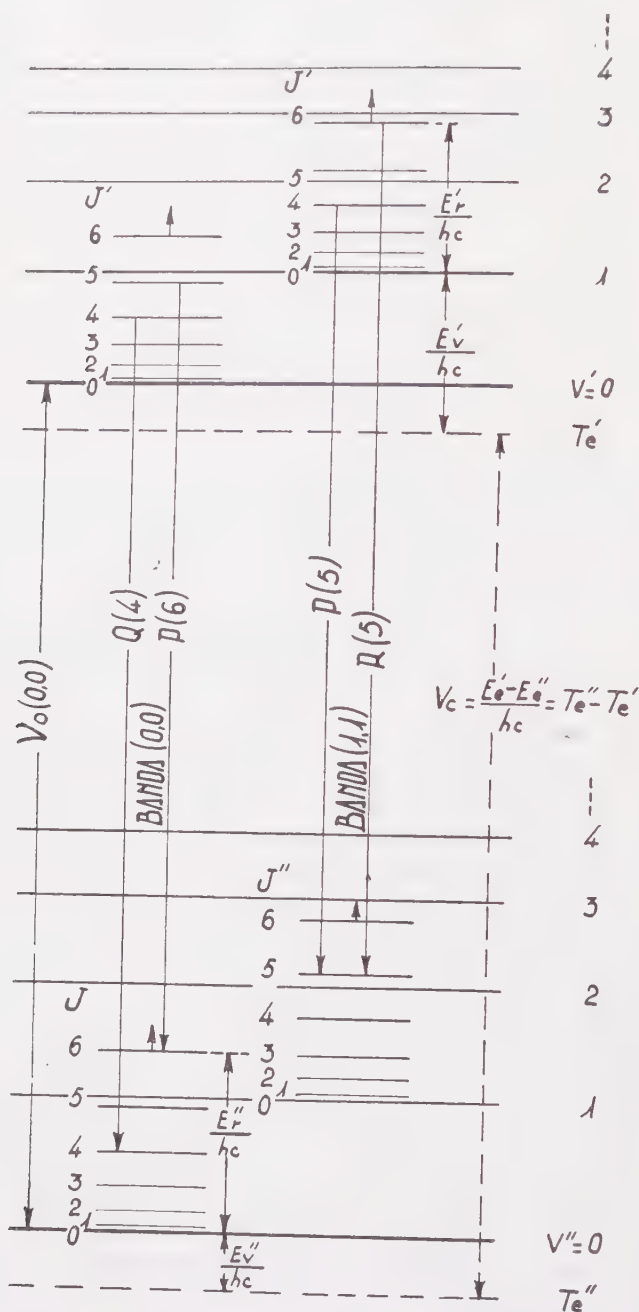


Fig. 4. — Representación gráfica de los estados energéticos moleculares cuantificados. T_e' y T_e'' representan los niveles o energías electrónicas. Los marcados con $v' = 0, 1, 2, 3, 4$ y $v'' = 0, 1, 2, 3, 4$ son los estados vibracionales correspondientes a los niveles T_e' y T_e'' , respectivamente. En la figura se ven algunos niveles de rotación correspondientes a los cuatro estados vibracionales $v' = 0$ y 1 y $v'' = 0$ y 1 . Además se representó dos líneas de las bandas $(0,0)$ y $(1,1)$.

Representación gráfica de los niveles energéticos moleculares.— De acuerdo a la [21] a cada estado electrónico T_e de la molécula corresponde un conjunto discreto de posibles energías o términos de vibración $G(v)$, cuyo distanciamiento energético disminuye con el crecer de v . En efecto, de [21] resulta:

$$\Delta G(v + 1/2) = G(v + 1) - G(v) = \omega_e - 2x_e \omega_e (v + 1).$$

En la figura 4 están representados dos estados electrónicos T_e' y T_e'' . Cada uno de éstos viene acompañado por alguno de sus estados vibratorios caracterizados por el cuanto de vibración $v = 0, 1, 2, 3, \dots$. Además alguno de éstos se acompaña con cierto número de sus estados de rotación $F(J)$ determinados por el cuanto rotacional $J = 0, 1, 2, \dots$.

Ahora bien, dados los dos estados electrónicos moleculares T_e' y T_e'' , la energía de la molécula puede variar de manera muy distinta. En efecto, dado un par de estados vibratorios $G(v')$ superior y $G(v'')$ inferior, la molécula puede saltar entre dos de sus estados de rotación, emitiendo o absorbiendo una línea o radiación monocromática caracterizada por los cuantos de rotación J' y J'' . Fijos, pues, T_e' y T_e'' y dados v' y v'' la molécula puede todavía emitir o absorber un conjunto más o menos numeroso de líneas que se agrupan de acuerdo a leyes — que veremos más adelante — constituyendo lo que se llama una *banda*. Conservando T_e' y T_e'' constantes, pero dejando variar v' y v'' , se obtienen otras tantas « bandas » caracterizadas, cada una, por un par de valores (v', v'') . Este conjunto de bandas pertenecientes a una sola variación de la energía electrónica molecular constituye un *sistema de bandas* de la molécula. De acuerdo a esto, en los espectros moleculares todo un sistema de bandas corresponde a una sola línea (multiplete) de los espectros atómicos. La complicación es evidente. En el espectro total de una molécula existen en general varios sistemas de bandas.

Se acostumbra a agrupar las bandas de un sistema como sigue: se llama « *secuencia* » a las bandas tales que $v' - v'' = \text{constante}$; se denomina « *progresión v''* » al conjunto de bandas que provienen de un mismo nivel superior o sea cuando $v' = \text{constante}$ y se designa con *progresión v'* , a las bandas que poseen el mismo nivel vibratorio inferior o sea cuando $v'' = \text{constante}$ (ver figura 5). La diferencia $\nu_e = T_e' - T_e'' \text{ cm}^{-1}$, que es una constante característica del sistema, se llama « *origen del sistema* », y representa la frecuencia

que emitiría o absorbería la molécula si pasara de $T_e' \rightarrow T_e''$ o viceversa conservando sus energías de vibración y rotación nulas.

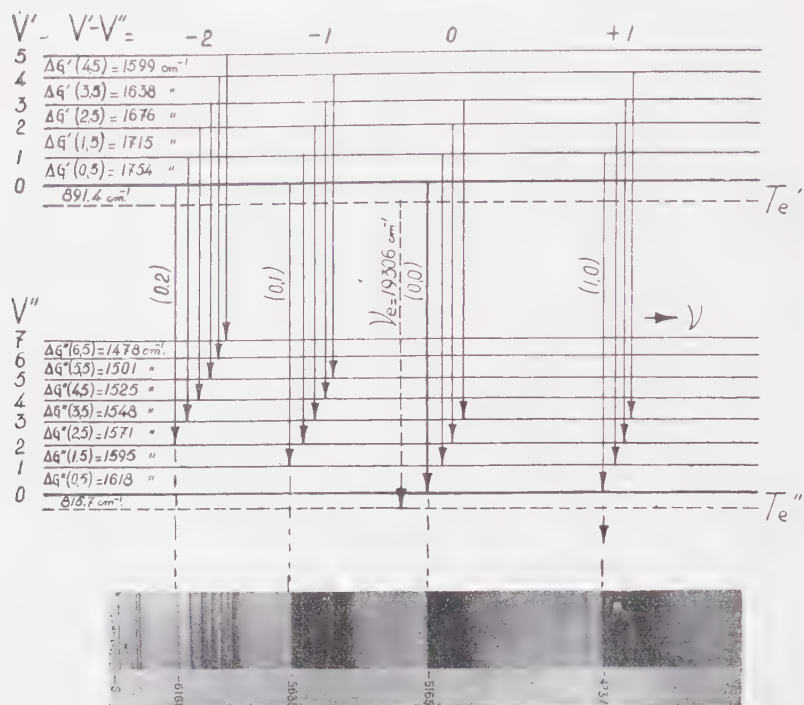


FIG. 5. — Diagrama energético que corresponde al sistema de bandas de Swan de la molécula C_2 .

Las bandas están representadas por flechas verticales que arrancan en el nivel vibracional « inicial » y terminan en el estado « final ». En este caso las bandas se agrupan en « secuencias » con $v' - v'' =$ constante. Abajo se ve el espectro tal como fué obtenido por Merton y Johnson, *Proc Roy Soc (A)*, **103**, 383, 1923, y la correspondencia resulta evidente.

Esta transición no existe en la realidad. La energía electrónica viene siempre acompañada de cierta energía de vibración o de rotación.

Estructura vibracional. — Consideremos ahora, aproximadamente, la distribución de las bandas en un sistema electrónico (figuras 4 y 5). Vale decir, consideremos $v_e = T_e' - T_e'' =$ constante y despreciamos, además, las variaciones de la energía de rotación correspondientes. En otras palabras, sólo nos preocupa

aquí la variación de la energía vibratoria de la molécula. El conjunto o sistema de bandas estará dado por la expresión:

$$\nu_v = \nu_e + G'(v') - G''(v'') = \nu_e + \omega_e' \left(v' + \frac{1}{2} \right) - x_e' \omega_e' \left(v' + \frac{1}{2} \right)^2 - \left[\omega_e'' \left(v'' + \frac{1}{2} \right) - x_e'' \omega_e'' \left(v'' + \frac{1}{2} \right)^2 \right], \quad [23]$$

que se puede escribir así:

$$\nu_v = \nu_{0,0} + (\omega_0' v' - x_0' \omega_0' v'^2) - (\omega_0'' v'' - x_0'' \omega_0'' v''^2) \quad [24]$$

En la [24] $\nu_{0,0}$ es la frecuencia de la banda (0,0) o sea de la banda de cuantos vibracionales $v' = v'' = 0$. La expresión [24] es la que empíricamente descubrió Deslandres antes de la teoría de Bohr. Las frecuencias ν_v son las que corresponden a los « orígenes », no siempre determinables, de las bandas; en la práctica se miden en general las frecuencias ν_e de las « cabezas » de las bandas que difieren de esos orígenes apreciablemente y de manera variable con (v', v'') . De aquí que en estos casos la determinación de las constantes vibracionales sea sólo aproximada. Así $\nu_{00} = \nu_0$ en la figura 4 es aproximadamente igual al « origen » ν_e del sistema. ω_0 es también aproximadamente igual a ω_e que es la frecuencia molecular en su estado de equilibrio. Si κ es la constante armónica y μ la masa reducida de la molécula sabemos que:

$$\omega = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\kappa}{\mu}} = c \mu^{-\frac{1}{2}} \quad [25]$$

La interpretación de la [23] o [24] está aclarada en la figura 5. En ésta, se representó algunos niveles de la energía vibracional del sistema de bandas de la molécula C_2 (sistema de Swan) por líneas horizontales. Cada nivel está individualizado por su cuanto de vibración (v' o v''). Las flechas verticales indican el « salto » cuántico que da origen a la emisión de las distintas bandas. En escala, su longitud mide la frecuencia de la transición correspondiente. La banda (0,0) corresponde a $\lambda = 5165 \text{ \AA}$. En este espectro las bandas se presentan naturalmente agrupadas en secuencias $v' - v'' = +2, +1, 0, -1, -2$. Abajo está el espectro propiamente dicho y la correspondencia entre las bandas y el esquema teórico de arriba es evidente.

Estructura rotacional. — Vamos a considerar ahora la distribución de las líneas dentro de una banda. En este caso sólo nos preocupa la variación de la energía de rotación. La frecuencia de una línea proveniente de una transición caracterizada por el salto $J' \rightarrow J''$ del cuanto de rotación se obtiene por la diferencia de los dos términos correspondientes, o sea

$$\nu(J', J'') = F(J') - F(J'') + \nu_e + \nu_i.$$

En la figura 6 se han representado varios de esos saltos de energía rotacional o líneas de la banda (ν' , ν'').

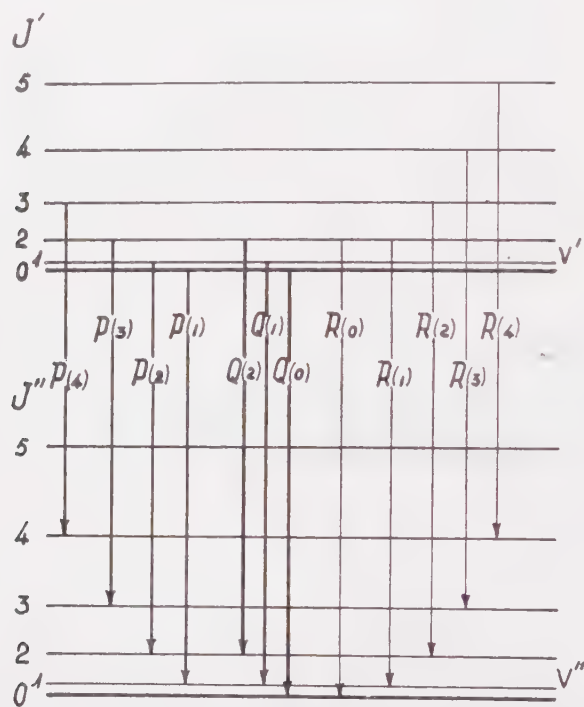


FIG. 6. — Representación gráfica de las transiciones debidas a variaciones de la energía de rotación que dan origen a las primeras líneas de una banda agrupadas en las tres « ramas » características $P(J)$, $Q(J)$ y $R(J)$.

Tomando en cuenta, de la expresión de la energía rotacional [22], el primer término solamente, o sea:

$$F(J) = BJ(J+1),$$

dicha frecuencia será:

$$\nu(J'J'') = \nu_e + \nu_i + B'J'(J'+1) - B''J''(J''+1). \quad [26]$$

El *principio de correspondencia* de Bohr ⁽¹⁾ conduce aquí a una importante *regla de selección* que dice que normalmente sólo se pueden producir aquellos cambios o saltos de la energía rotacional cuantificada para los cuales $\Delta J = J' - J'' = 0, \pm 1$.

La totalidad de las líneas de una banda se puede subdividir, pues, en tres series o grupos, llamadas *ramas* de la banda. Se agrupan en la *rama R* o *rama positiva* a aquellas líneas de la banda cuyo número cuántico superior $J' = J'' + 1$. Las líneas tales que $J' = J'' - 1$ forman la *rama P* o *negativa* y se llama *rama Q* a la constituida por las líneas originadas en transiciones con $J' = J''$. Ver figura 6.

Poniendo en [26] $J' = J'' = J$ por un lado y por otro $J' = J'' + 1 = J + 1$ y $J' = J'' - 1 = J - 1$ obtenemos tres ecuaciones en J'' (o J) cada una de las cuales nos da la frecuencia de las líneas de una de las 3 ramas Q , R y P de la banda, como función de las constantes B' y B'' y del número cuántico rotacional $J'' = J$ del nivel inferior. Esas ecuaciones (aproximadas, evidentemente) son:

Rama R :

$$R(J) = \nu_0 + (B' + B'')(J + 1) + (B' - B'')(J + 1)^2 + \dots$$

Rama Q :

$$Q(J) = \nu_0 + (B' - B'')J + (B' - B'')J^2 + \dots$$

Rama P :

$$P(J) = \nu' - (B' + B'')J + (B' - B'')J^2 + \dots$$

} [27]

$$\text{Recordemos que la constante rotacional } B = \frac{h}{8\pi^2 c \mu r^2}.$$

Pueden darse 3 casos: $B' = B''$ o $B' < B''$.

Diagrama de Fortrat de la estructura de una banda simple.

— En estos gráficos se toma sobre el eje de las ordenadas los valores crecientes del cuanto racional J y sobre las abscisas las frecuencias ν en cm^{-1} de las líneas correspondientes y se unen por trazos conti-

(1) Ver, p. ej.: A. SOMMERFELD. — *Atombau und Spektrallinien*, 5° ed., p. 316 y 671, 1931.

nuos (parábolas) los puntos que representan las líneas de una rama.

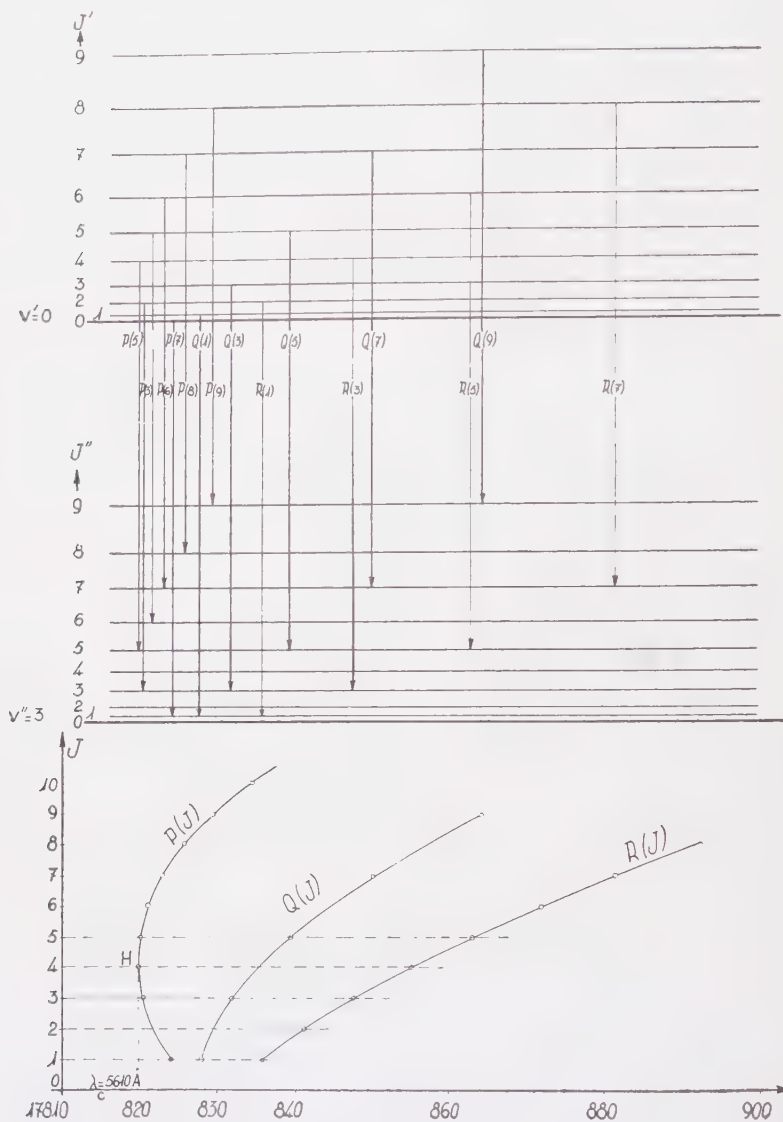


FIG. 7. — Diagrama energético y de Fortrat de la banda (0,3) de la molécula CO (sistema de Angström) dibujada en escala según los datos de JEVONS, *Report on Band Spectra*, pág 53. Este es un caso de banda « degradada hacia el violeta ». La rama $P(J)$ forma cabeza a los 5610 Å.

En la figura 7 se representa el caso en que:

$$B' > B'' \quad \therefore \quad I' < I''.$$

De las ecuaciones [27] se ve que $R(J)$ y $Q(J)$ crecen siempre pues, B' y B'' son positivas por definición.

En cambio $P(J)$ decrece primero hasta el punto en que $(B' + B'')J = (B' - B'')J^2$ y entonces empieza a crecer. Las líneas de la rama P se juntan al principio hasta el punto de vuelta, en cuya proximidad llegan, si la dispersión y poder resolutivo del espectrógrafo no es grande, a superponerse. A partir de esa región

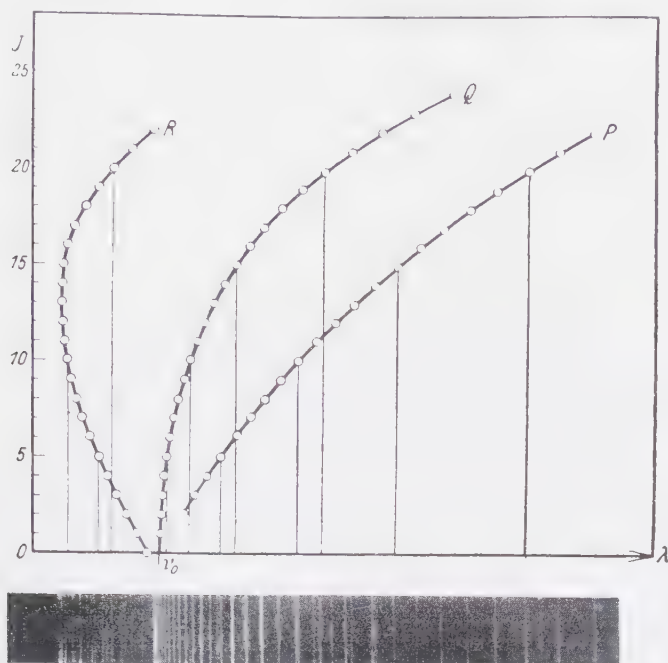


FIG. 8. — Espectro de la banda del AlH que aparece a los 4241 Å obtenida por Bengtsson y diagrama de Fortrat correspondiente. Este es un ejemplo de una banda « degradada hacia el rojo ». Reproducida de H. SPONER, *Molekülspektren*, etc. Tomo II, pág 54, 1935.

comienzan a distanciarse entre sí. Esa región de apiñamiento de líneas se traduce en una «banda» más o menos extensa de emisión y absorción continua. De donde proviene su aspecto particular y su nombre. El punto de vuelta mismo se llama *cabeza de banda*, cuya frecuencia indicaremos con ν_c . La rama P forma, pues, *cabeza* para

$$J_c = \frac{B' + B''}{B' - B''}.$$

Además se ve que en este caso la banda está « *degradada hacia el violeta* ».

Siendo $\alpha_0 = \frac{6 B_e}{\omega_e} = \text{constante}$, resulta que cuando $B' > B''$, $\omega' > \omega''$.

Caso: $B' < B''$. Luego $I' > I''$.

En este caso es $B' - B'' < 0$. Luego P y Q disminuyen siempre. Pero R crece del principio, hasta que $(B' + B'')(J + 1) = (B' - B'')(J + 1)^2$ y desde este punto las líneas de la rama R se orientan hacia las frecuencias menores. Por lo tanto aquí es la rama R la que forma cabeza, como se ve en la figura 8. La banda está degradada hacia el rojo. Además es $\omega' < \omega''$.

Finalmente, cuando $B' = B''$, tenemos las bandas sin cabeza.

El efecto isotópico. — En 1919, estudiando Imes ⁽¹⁾ el espectro de absorción del HCl en el infrarrojo, descubrió que cada una de las líneas de la banda (2,0), que se encuentra en la región de 1,76 μ de longitud de onda, es doble. Es decir que cada línea de esa banda, venía acompañada por una muy próxima a ella y mucho más débil. La separación media de cada línea principal de su acompañante débil es según Imes de 14 ± 1 A°. ¿De dónde proviene esa duplicidad de las líneas del espectro de rotación del HCl? En el año siguiente, en 1920, lograron Loomis ⁽²⁾ y Kratzer ⁽³⁾, independientemente, explicar dicho descubrimiento de Imes. Es sabido que el Cl tiene dos isótopos, el más bundante de peso atómico $A = 35$: Cl³⁵ y el otro de peso atómico $A = 37$ o sea Cl³⁷ (*). Luego el ácido clorhídrico es una mezcla de dos especies de moléculas: HCl³⁵ y HCl³⁷. Cada una de estas tendrá su espectro de rotación. Para cada cuanto de rotación habrá dos líneas de frecuencias algo distintas, ya que, según veremos, éstas dependen de la masa reducida μ de la molécula emisora.

Pero se debe principalmente a los estudios de Mulliken ⁽⁴⁾ el

(*) Algunos físicos sostienen haber probado la existencia del Cl³⁹. Otros, como Ashley y Jenkins, no confirman su existencia.

⁽¹⁾ *Astrophys. Jour.*, **50**, 251, 1919.

⁽²⁾ *Nature*, **106**, 179, 1920.

⁽³⁾ *Zeit. f. Phys.*, **3**, 460, 1920, y **4**, 476, 1921.

⁽⁴⁾ *Nature*, **113**, 489, 1924, y *Phys. Rev.*, **25**, 259, 1925.

desarrollo y profundización de este efecto y la confirmación de las consecuencias teóricas en los casos notables de BO, CuI, SiN, etc. Como veremos estos estudios, efectuados inicialmente por Mulliken, Birge y otros, han contribuido grandemente a las teorías cuánticas y a nuestro conocimiento general de la estructura atómica y molecular.

El efecto isotópico es muy pronunciado en la estructura de rotación y vibración de un espectro de bandas. Las energías de rotación dependen, en efecto, fundamentalmente del momento de inercia mo-

lecular y éste, de su masa reducida $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$. Si la masa de

uno de los átomos varía, μ cambia también. Las energías de vibración dependen, como vimos, de la frecuencia ω de la vibración y ésta es función, también, de la masa reducida.

Dejando de lado, por razones de simplicidad, términos de orden superior al segundo en los números cuánticos de rotación (J) y de vibración (v o n), podemos calcular, fácilmente, los dos efectos isotópicos.

Efecto isotópico vibracional. — Usaremos en lo que sigue la notación introducida por R. T. Birge, según la cual se afecta con un índice i a las magnitudes de las moléculas menos abundantes. Para descubrir el efecto isotópico vibracional debemos estudiar la variación de la energía de vibración molecular únicamente, proveniente del cambio de la masa reducida de la molécula isotópica. La energía de vibración de la molécula más abundante expresada en cm^{-1} es [21]:

$$G(v) = \omega_e (v + 1/2) - x_e \omega_e (v + 1/2)^2 = \omega_e n - x_e \omega_e n^2 + \dots \quad [28]$$

y la correspondiente a la molécula menos abundante será:

$$G^i(v) = \omega_e^i (v + 1/2) - x_e^i \omega_e^i (v + 1/2)^2 = \omega_e^i n - x_e^i \omega_e^i n^2 + \dots \quad [28']$$

Ahora bien:

$$\omega_e = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\kappa}{\mu}} = c \mu^{-1/2} ; \quad x_e \omega_e = 3 B_e = \frac{3^2 h}{8 \pi^2 c \mu r^2} = c_1 \mu^{-1} \quad [29]$$

Si consideramos el caso en que uno solo de los elementos que constituyen la molécula está formado por dos isótopos de masas m y m^i

y el otro elemento es simple de masa m' ; entonces obtenemos dos especies moleculares isotópicas de masas reducidas μ y μ^i :

$$\mu = \frac{mm'}{m + m'} \quad ; \quad \mu^i = \frac{m^i m'}{m^i + m'} \quad [30]$$

Indiquemos con ρ la expresión

$$\rho = \sqrt{\frac{\mu}{\mu^i}} \quad , \quad \text{o sea} \quad \rho^2 = \frac{\mu}{\mu^i} \quad [31]$$

Las constantes c y c_1 de [29] se pueden considerar iguales para ambas especies moleculares pues, κ y r varían muy poco de una molécula a su isotópica. Luego, según [32]:

$$\omega_e^i = c (\mu^i)^{-1/2} \quad \text{y} \quad x_e^i \omega_e^i = c_1 (\mu^i)^{-1} \quad [32]$$

y

$$\frac{\omega_e^i}{\omega_e} = \left(\frac{\mu^i}{\mu} \right)^{-1/2} = \rho \quad ; \quad \frac{x_e^i \omega_e^i}{x_e \omega_e} = \left(\frac{\mu^i}{\mu} \right)^{-1} = \rho^2 \quad [33]$$

Reemplazando en [28'] los valores de ω_e^i y $x_e^i \omega_e^i$ en función de ω_e y $x_e \omega_e$ según las [33], obtenemos:

$$\begin{aligned} G^i(v) &= \omega_e \rho (v + 1/2) - x_e \omega_e \rho^2 (v + 1/2)^2 + \dots \\ \dots &= \omega_e \rho n - x_e \omega_e \rho^2 n^2 + \dots \end{aligned} \quad [34]$$

La frecuencia vibratoria — expresada en cm^{-1} — de la banda (v', v'') de la molécula más abundante (MM'); o sea, la contribución a su frecuencia, proveniente de la variación de la energía vibratoria, que en el espectro se mide por la distancia de la banda en cuestión (v', v'') al origen del sistema de bandas al que pertenece, origen determinado por el de la banda $n' = n'' = 0$, es:

$$\begin{aligned} \nu(v', v'') &= G'(v') - G''(v'') = \omega_e' n' - \omega_e'' n'' - \\ &- (x_e' \omega_e' n'^2 - x_e'' \omega_e'' n''^2) + \dots \end{aligned} \quad [35]$$

Esta diferencia correspondiente a la misma banda (v', v'') de la molécula isotópica $M^i M'$, menos abundante, es de acuerdo a la [34]:

$$\begin{aligned} \nu^i(v', v'') &= G^{i'}(v') - G^{i''}(v'') = \rho (\omega_e' n' - \omega_e'' n'') - \\ &- \rho^2 (x_e' \omega_e' n'^2 - x_e'' \omega_e'' n''^2) + \dots \end{aligned} \quad [36]$$

La banda (v', v'') de la molécula $M^i M'$ resulta, pues, desplazada respecto de la misma banda de la molécula MM' en la cantidad llamada *desplazamiento isotópico vibracional*:

$$\Delta \nu^i(v', v'') = \nu^i(v', v'') - \nu(v', v'') = (\rho - 1)(\omega_e' n' - \omega_e'' n'') - (\rho^2 - 1)(x_e' \omega_e' n'^2 - x_e'' \omega_e'' n''^2). \quad [37]$$

Si nos conformamos con los términos en n y despreciamos los en n^2 , llegamos a la expresión aproximada siguiente, que sin embargo vale para muchos casos:

$$\Delta \nu^i(v', v'') = (\rho - 1)(\omega_e' n' - \omega_e'' n'') = (\rho - 1) \nu(v', v''), \quad [38]$$

pues, en esta aproximación la frecuencia vibracional $\nu(v', v'')$ de la banda (v', v'') o (n', n'') de la molécula más abundante MM' es:

$$\nu(v', v'') = \omega_e' n' - \omega_e'' n'' = \omega_e'(v' + 1/2) - \omega_e''(v'' + 1/2). \quad [35']$$

Luego el desplazamiento isotópico vibracional $\Delta \nu^i(v', v'')$ de una banda (v', v'') es, en primera aproximación, proporcional a la distancia (en cm^{-1}) de dicha banda al origen ν_e del sistema.

De acuerdo a la teoría cuántica de Bohr (ver pág. 16), los números cuánticos de vibración son enteros; n' y $n'' = 0, 1, 2, \dots$. La banda $(0, 0)$ tendrá, en consecuencia, energía vibratoria nula, o sea $\nu(0, 0) = 0$. De acuerdo a la ecuación [38] el desplazamiento isotópico de esa banda será nulo e irá en aumento en las bandas que aparecen a uno y otro lado de la $(0, 0)$. En cambio de acuerdo a la expresión correspondiente de la mecánica cuántica, la banda $(0, 0)$, o sea $v' = v'' = 0$, posee la frecuencia de vibración

$$\nu(0, 0) = \frac{1}{2} \omega_e' - \frac{1}{2} \omega_e'' \text{ en primera aproximación y habrá que}$$

esperar aún para la banda $(0, 0)$ un pequeño efecto isotópico vibracional. Se plantea así una experiencia crucial entre ambas teorías. En realidad, históricamente, esta importante cuestión se planteó a la inversa en el famoso trabajo, ya citado, de Mulliken de 1925, según veremos más adelante, que constituye el trabajo básico sobre la teoría del efecto isotópico.

Consideramos paralelamente en lo que sigue los dos casos: a) aquel

en que la molécula isotópica $M^i M'$ es más liviana que la más abundante MM' y b) aquel en que $M^i M'$ es más pesada que MM' .

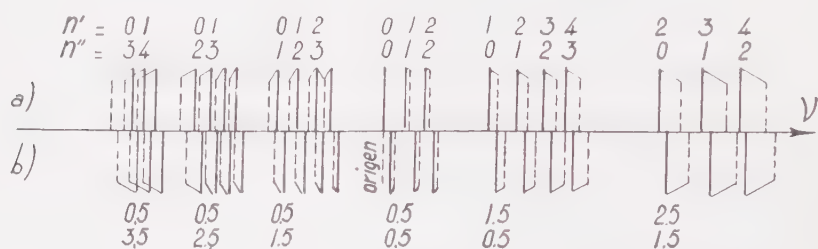


FIG. 9. — Diagrama del efecto isotópico vibracional, cuando $\mu^i < \mu$. a) efecto de acuerdo a la teoría de Bohr, y b) efecto de acuerdo a la mecánica cuántica.

a)
En este caso es:

$$\mu^i < \mu,$$

$$\rho = \sqrt{\frac{\mu}{\mu^i}} > 1.$$

Siendo

$$\Delta \nu^i = \nu^i - \nu = (\rho - 1) \cdot \nu,$$

b)
En este caso es:

$$\mu^i > \mu,$$

$$\rho = \sqrt{\frac{\mu}{\mu^i}} < 1.$$

Para las bandas que están del lado violeta de la banda (0, 0) o sea para aquellas bandas de frecuencia vibratoria $\nu(v', v'')$ mayor que la frecuencia correspondiente al origen del sistema, $\nu(v', v'') > 0$, resulta:

$$\Delta \nu^i = \nu^i - \nu > 0$$

$$\Delta \nu^i = \nu^i - \nu < 0$$

de donde

$$\nu^i > \nu$$

de donde

$$\nu^i < \nu.$$

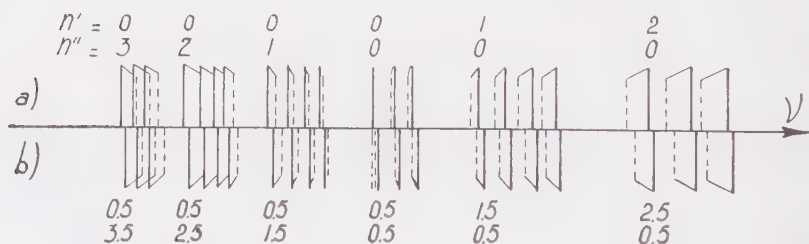


FIG. 10. — Diagrama del efecto isotópico vibracional, con $\mu^i > \mu$. a) según la teoría de Bohr, y b) según la mecánica ondulatoria.

Vale decir que la banda (ν' , ν'') de la molécula isotópica tendrá:

mayor frecuencia que la misma banda perteneciente a la molécula más abundante y aparece, en el espectro, más alejada del origen hacia el violeta, que la banda de la molécula MM'.	menor frecuencia que la misma banda de la molécula más abundante apareciendo en el espectro más próxima del origen que la correspondiente a MM'.
--	--

Del otro lado del origen, hacia el rojo o frecuencias menores, las bandas del isótopo $M'M'$ poseen:

menor frecuencia, pues siendo aquí $\nu < 0$, resulta:	mayor frecuencia, pues siendo aquí $\nu < 0$, resulta:
---	---

$$\Delta \nu^i = \nu^i - \nu = (\rho - 1) \nu < 0$$

$$\nu_i - \nu = (\rho - 1) \cdot \nu > 0$$

de donde,

$$\nu^i < \nu.$$

de donde,

$$\nu^i > \nu.$$

Esto significa que las bandas isotópicas están nuevamente « más alejadas », hacia el rojo del origen que las otras correspondientes, como se ve en la figura 9.

Es decir que las bandas de la molécula menos abundante están, también aquí, « más cerca » del origen que las otras, como se ve en la figura 10.

En estas figuras se señalan las bandas más intensas con líneas llenas y gruesas y las bandas isotópicas o menos intensas con líneas punteadas. En la parte inferior de cada gráfico se da la solución debida a la mecánica cuántica y en la superior la solución de la teoría de Bohr.

En general resulta, pues, que el espectro de bandas de la molécula formada con el isótopo de menor peso atómico posee una estructura más « abierta »; sus bandas están más alejadas del origen del sistema que las correspondientes a la molécula más pesada.

Uno de los éxitos más notables de estos estudios lo obtuvo Mulliken (l. c.), con el espectro de bandas, atribuido entonces a la mo-

lécua BN . De lo expuesto se comprende que se puede obtener el valor de ρ , midiendo los desplazamiento isotópicos vibracionales. Esto lo efectuó Mulliken (l. c.) con dichas bandas obteniendo el valor $\rho = 1,0291$. Calculando ρ para las moléculas $B^{11}N^{14}$ y $B^{10}N^{14}$ se obtiene el valor $\rho = 1,0275$. La coincidencia parece muy buena, pero es inferior a la precisión de las medidas de Mulliken, quien desechó la suposición adoptada de que la molécula emisora de esas

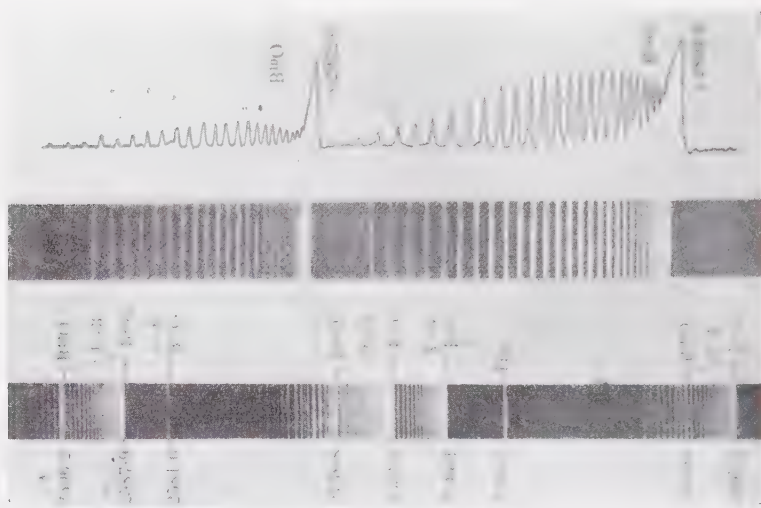


FIG. 11. — Efecto isotópico en las bandas « β » de BO, sistema ${}^2\Sigma \rightarrow {}^2\Sigma$, obtenidas en una descarga en « nitrógeno activo ». El espectrograma superior es de la banda (2,6), acompañada de una curva obtenida, con un microfotómetro registrador, por A. Elliott. Espectrograma inferior con varias bandas del sistema « β » según R. S. Mulliken. Las bandas son « degradadas hacia el rojo ». El efecto isotópico es muy notable. En la banda (2,6) la diferencia de la longitud de onda de las cabezas es de $20 \text{ \AA}$ entre la molécula $B^{11}O$ y $B^{10}O$.

bandas era la BN . ¿De dónde provendrá, pues, ese espectro? Calculando ρ para las moléculas $B^{10}O^{16}$ y $B^{11}O^{16}$ obtuvo Mulliken el valor siguiente: $\rho = 1,0292$, que sólo difiere en menos de 1 en 10000 del valor obtenido experimentalmente. Mulliken enuncia entonces su descubrimiento. La teoría cuántica del efecto isotópico corrige un importante error: el espectro atribuido al BN es del BO (ver figura 11). Con esto se demuestra la eficacia del análisis del efecto isotó-

pico en la individualización de la sustancia emisora de un espectro dado. Pero el resultado más importante del estudio de dicho espectro, que es, pues, del BO , obtenido por Mulliken, está en haber descubierto un pequeño efecto isotópico en la banda $(0, 0)$, que, de acuerdo a la teoría cuántica de Bohr — no se habían creado aún las mecánicas cuánticas actuales, — no debe existir. Fórmula [38]. (Ver también figuras 9 y 10, parte clásica) —. Extrapolando, encontró dicho joven físico que el efecto se anula para la frecuencia

correspondiente a $n' = n'' = -\frac{1}{2}$. Mulliken cree entonces nece-

sario introducir números cuánticos vibracionales medios y emplea la forma segunda de la ecuación [35]' con $v + \frac{1}{2}$ en lugar de n ,

con lo cual se adelanta al resultado de la mecánica cuántica actual y demuestra que la teoría de Bohr no puede resolver este hecho experimental. Precisamente, de ésta y otras dificultades de la teoría cuántica de Bohr surgió la necesidad de perfeccionarla o crear otras que, como las de De Broglie, Schrödinger, Heisenberg, etc. constituyen un gran adelanto y que contienen a la de Bohr como una primera aproximación.

Mulliken estudió en dicha época, también, los efectos isotópicos de los siguientes compuestos: CuI ; CuH ; SiH ; $CuCl$; $CuBr$, etc., que confirmaron la teoría cuántica del efecto en cuestión. Actualmente hay estudiados un número muy grande de espectros, confirmándose en todos los casos las determinaciones de las especies isotópicas que descubrió Aston y otros con el método de la espectroscopía de masas.

Pero también se debe a este capítulo de la espectroscopía el haber descubierto varios elementos isotópicos muy raros que el método de Aston no había puesto de manifiesto. El descubrimiento de algunos de estos isótopos raros planteó a la Física y a la Química importantes cuestiones, como, por ejemplo, la de los pesos atómicos, etc. Nos referimos aquí al descubrimiento en base al efecto que tratamos de los elementos: O^{17} y O^{18} (Giauque y Johnston ⁽¹⁾);

(¹) *Nature*, Londres, **123**, 318, 1929. *Jour. Amer. Chem. Soc.*, **51**, 3528, 1436, 1929.

C^{13} (King y Brige ⁽¹⁾); N^{15} (Naudé ⁽²⁾), e H^2 o D (Urey, Brickwedde y Murphy ⁽³⁾). Sobre esto volveremos.

Efecto isotópico sobre la estructura rotacional. — Trataremos en lo que sigue el efecto isotópico sobre cada una de las líneas de una banda dejando de lado el efecto sobre toda la banda — efecto vibracional — ya estudiado en el apartado anterior.

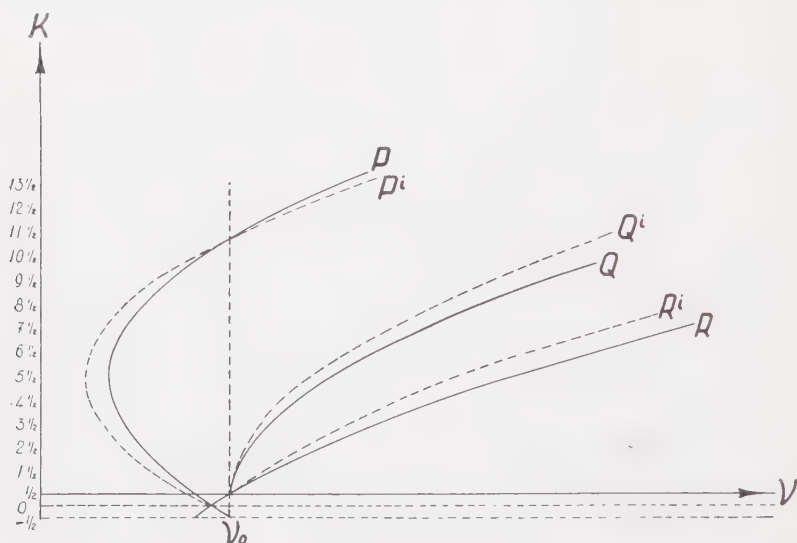


FIG. 12. — Efecto isotópico rotacional en un diagrama de Fortrat. P , Q y R son las «ramas» de la banda más intensa y P^i , Q^i , R^i las de la banda isotópica. Aquí $B' > B''$; $w' > w''$ e $I' < I''$, banda degradada hacia el violeta y $\mu > \mu^i$.

En primera aproximación, siendo x_e , D_e , y α de la ecuación [22], que da la energía de rotación cuantificada de la molécula, pequeños respecto a ω_e y B_e , se puede usar la expresión aproximada $B_v J(J+1) = B_v K(K+1)$ (*) como medida de la energía molecular. Sólo en aproximaciones superiores se emplean los términos en $J^2(J+1)^2$; etc.

(1) *Nature*, Londres, **124**, 127, 1929. *Astrophys. Jour.*, **72**, 19, 1930.

(2) *Phys. Rev.*, **34**, 1499, 1929, y **36**, 333, 1930.

(3) *Phys. Rev.*, **39**, 164 y 864, 1932, y **40**, 1, 1932.

(*) En el caso sencillo que tratamos se suele representar el cuanto de rotación por K en lugar de J . De aquí en adelante usaremos con preferencia K como dicho mero cuántico.

Como antes las constantes de la molécula isotópica menos abundantes $M^i M'$ serán distinguidas de las de la molécula más abundante por el índice i . Adoptamos, pues como aproximación primera, — las siguientes expresiones de las energías de rotación para dichas moléculas:

$$F(K, v) = B K(K + 1) = BN^2 \quad [39]$$

y

$$F^i(K, v) = B^i K(K + 1) = B^i N^2. \quad [40]$$

Siendo, como sabemos,

$$B = \frac{h}{8 \pi^2 c \mu r_e^2} = \frac{c}{\mu} \quad ; \quad B^i = \frac{c}{\mu^i}$$

y

$$\varphi = \left(\frac{\mu}{\mu^i} \right)^{1/2} \quad ; \quad \varphi^2 = \frac{\mu}{\mu^i},$$

entonces

$$B^i = \frac{c}{\mu} \cdot \varphi^2 = B \cdot \varphi^2. \quad [41]$$

Que reemplazado en [40], da:

$$F^i(K, v) = B \cdot \varphi^2 K(K + 1) = \varphi^2 BN^2. \quad [40']$$

Tomando el origen de la banda como origen de las frecuencias rotacionales de sus líneas, es decir; teniendo en cuenta solamente la variación de la energía de rotación molecular y dejando de lado, pues, las variaciones vibratorias y electrónicas, las líneas correspondientes al cuanto $K'' = K$ de una banda estarán — en la aproximación aceptada — a la distancia (expresada en cm^{-1}), según la rama, del origen de la banda $\nu_0 = \nu_e + \nu_v$, dada por:

$$\nu(K) = B' K'(K' + 1) - B'' K''(K'' + 1) \quad [42]$$

y las mismas, según la rama, correspondientes a la molécula $M^i M'$ a las distancias determinadas por:

$$\begin{aligned} \nu^i(K) &= B'_i K'(K' + 1) - B''_i K''(K'' + 1) = \\ &= \varphi^2 [B' K'(K' + 1) - B'' K''(K'' + 1)] = \varphi^2 \nu(K). \end{aligned} \quad [43]$$

El desplazamiento isotópico rotacional resulta de la [42] y [43]

$$\nu^i(K) - \nu(K) = (\rho^2 - 1) \cdot \nu(K). \quad [44]$$

a) Consideremos primero el caso en que $\mu > \mu^i$. Entonces $\rho > 1$ y $\rho^2 - 1 > 0$. Esto sucede en el BO ya que el B^{11} es más abundante que el B^{10} . De la ecuación [44] resulta:

$$\nu^i(K) = \nu(K) + (\rho^2 - 1) \cdot \nu(K). \quad [45]$$

Siendo $\rho^2 - 1 > 0$, $\nu^i(K)$ es de igual signo que $\nu(K)$ pero algo mayor en valor absoluto. Luego las líneas de las ramas P^i , Q^i , R^i de la banda isotópica estarán más lejos del origen que las de las

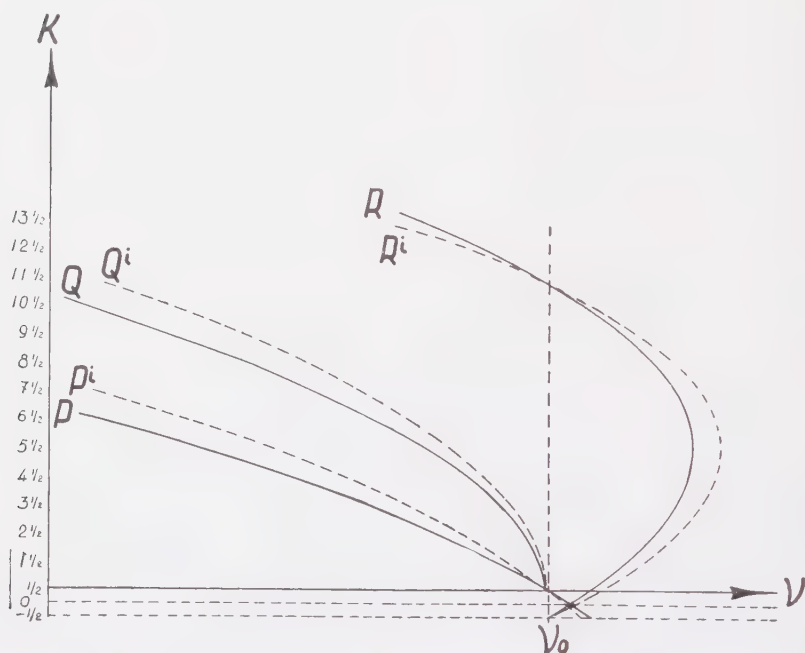


FIG. 13. — Efecto isotópico rotacional en una banda degradada hacia el rojo o sea con $B' < B''$; $w' < w''$ e $I' > I''$. P^i , Q^i , R^i ramas de la banda isotópica. También aquí es $\mu > \mu^i$.

ramas P , Q , R de la misma banda perteneciente a la molécula más abundante. En el origen el efecto es nulo. Este es común a ambas bandas. En las figuras 12 y 13 hemos representado en diagramas de Fortrat este caso. En dichas figuras se dibujaron en trazos llenos las ramas P , Q , R de la molécula más abundante y en líneas

cortadas las P^i , Q^i , R^i , correspondiente a la molécula isotópica. Como se ve en la figura 12, que representa el caso de bandas « degradadas hacia el violeta » ($B' > B''$), de acuerdo a la [45], la cabeza de la banda isotópica formada por la rama P^i está « fuera » de la estructura de la banda principal, hacia el rojo; y en la figura 13 se ve que en las bandas « degradadas hacia el rojo » ($B' < B''$) sucede lo mismo, pero en sentido opuesto, es decir, la cabeza de la banda, rama R^i , cae afuera (hacia el violeta) de la banda principal.

b) Caso en que $\mu < \mu^i$. O sea $\rho < 1$ y $\rho^2 - 1 < 0$. Esto sucede en los espectros: de CuI, pues Cu^{63} es más abundante que Cu^{65} ; de HCl, ya que el Cl^{35} es unas 4 veces más abundante que el Cl^{37} ; etc.

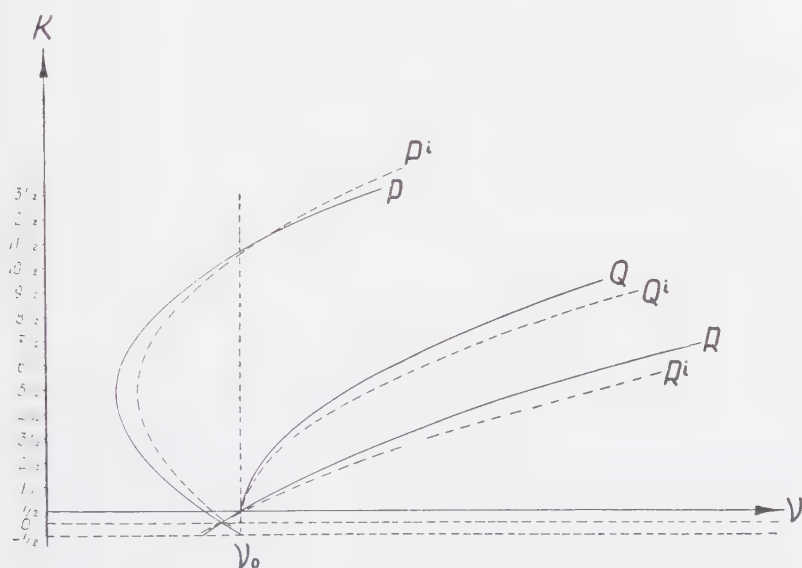


Fig. 14. — Efecto isotópico rotacional, siendo la molécula isotópica « más pesada » que la común $\mu^i > \mu$, sobre una banda degradada hacia el violeta o sea con $B' > B''$.

Siendo $\rho^2 - 1$ negativo, la [45] nos dice que $\nu^i(K)$ es aquí siempre algo menor en valor absoluto que $\nu(K)$. O sea que las ramas de la banda isotópica son de estructura « más apretada » que sus correspondientes en la banda más intensa. Y tanto para bandas con $B' > B''$, figura 14, como para las que $B' < B''$, figura 15, la cabeza de la menos intensa o isotópica cae « sobre » o « dentro » de la otra.

Luego de no existir el efecto isotópico vibracional sería mucho más difícil observar la cabeza de la banda isotópica en el caso b.

Pero, en realidad, se producen ambos efectos simultáneamente, y lo que aparece en las placas espectroscópicas es el « desplazamiento isotópico resultante », que para la línea K de la banda (v', v'') está dado por:

$$\nu^i - \nu = (\rho - 1) \nu(v', v'') \pm (\rho^2 - 1) \cdot \nu(K). \quad [46]$$

Ahora bien, siendo el « factor de desplazamiento » vibracional $(\rho - 1)$ menor que el rotacional $(\rho^2 - 1)$, el efecto vibracional es mayor que el rotacional, debido a que la extensión de una banda, es decir $\nu(K)$, es normalmente menor que 100 Å° mientras que la frecuencia $\nu(v', v'')$ de las bandas es del orden de los 1000 Å° (y mayor).

El efecto isotópico vibracional es constante para una banda determinada, mientras que el correspondiente efecto rotacional varía de línea a línea. Para la o las líneas que forman la cabeza de banda el desplazamiento rotacional será:

$$[\nu^i(K) - \nu(K)]_{cab} = (\rho^2 - 1) \nu(K)_{cab}.$$

Pero

$$\nu_{cab} = - \frac{(B' + B'')^2}{4(B' - B'')}$$

de donde,

$$[\Delta \nu(K)]_{cab} = (\rho^2 - 1) \frac{(B' + B'')^2}{4(B' - B'')}. \quad [47]$$

De la [47] se deduce que para $\rho^2 - 1 = \text{constante}$, el efecto isotópico rotacional es mayor para aquellas bandas (de una misma molécula) para las que $B' - B''$ es pequeño, cosa que sucede en las bandas de Swan de C_2 ; en las violeta de CN ; en las de SiK , etc. Y en aquellas bandas en que B' y B'' son pequeños y además su diferencia $B' - B''$ es relativamente grande dicho efecto es pequeño. Caso de las bandas del Cl_2 ; Br_2 ; ClI ; etc.

Descubrimiento espectroscópico de isótopos raros. — El primer elemento descubierto por el estudio del efecto isotópico molecular es el Si^{30} efectuado por Mulliken en 1925. En 1929, Dieke y Babcock ⁽¹⁾, analizando el espectro de las bandas atmosféricas rojas debidas a la absorción del O_2 , encontraron junto a la banda (0, 0)

⁽¹⁾ *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **15**, 471, 1929.

del sistema común, llamado (*A*), cierto número de líneas débiles (líneas *A'*) de estructura análoga a las fuertes, pero que no pudieron ser clasificadas dentro del sistema *A*. Dicke y Babcock midieron

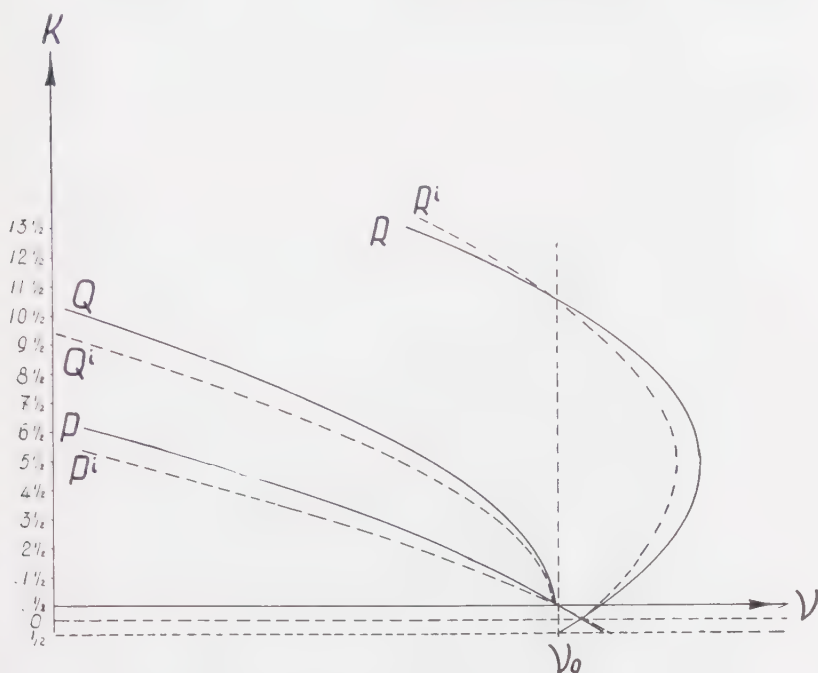


FIG. 15. — Efecto isotópico rotacional de un diagrama de Fortrat, como las figuras 12, 13 y 14. Banda degradada $\rightarrow$ rojo. $\mu^i > \mu$ y $B' > B''$.

26 líneas *A'*. Giaque y Johnston (l. c. en p. 37), en poder de estos datos, cayeron en la cuenta que dichas líneas podrían, tal vez, indicar la existencia de una molécula O_2 isotópica poco abundante, y, en efecto, demostraron que esas líneas corresponden exactamente a la molécula $O^{16}O^{18}$ si se calcula su posición (frecuencia) de acuerdo a la teoría cuántica del efecto isotópico arriba expuesto en sus líneas generales. Con lo cual, además de confirmar hermosamente la teoría, descubrieron la existencia del isótopo del O de peso atómico 18: O^{18} . Más tarde, esos mismos físicos, estudiando otras líneas de ese mismo espectro, pusieron de manifiesto la existencia del O^{17} , atribuyéndolas a la molécula $O^{16}O^{17}$. Medidas de la intensidad relativa de dichas líneas efectuadas por Mecke y Childs ⁽¹⁾ indicaron una abundancia relativa siguiente: $O^{16} : O^{18} : O^{17} :: 630 : 1 : 1/5$.

(2) *Zeit. f. Phys.*, **68**, 362, 1931.

La existencia de esos isótopos del oxígeno fué confirmada en el espectro del NO , bandas γ , que estudió Naudé (l. c. en p. 38), a instancias de Mulliken, en 1930. En dicho espectro se encontraron, en efecto, bandas muy débiles al lado de las más fuertes y conocidas ya, cuya posición (longitud de onda) está en perfecto acuerdo con los resultados de la teoría admitiendo que se producen por la absorción de las moléculas $N^{14}O^{17}$ y $N^{14}O^{18}$.



FIG. 16. — Efecto isotópico sobre la banda (1,0) del sistema de Swan de C_2 , según el famoso espectrograma de A. S. King y R. T. Birge (l. c.), obtenido con un horno eléctrico a $2800^\circ C$. La cabeza de la banda (1,0) de C^{12}_2 , está a $4737,1 \text{ \AA}$ y la cabeza de la banda isotópica (1,0) de la molécula poco abundante $C^{12}C^{13}$ está a $4744,5 \text{ \AA}$.

En el mismo espectro de absorción (γ de NO) encontró Naudé otras bandas, muy tenues, que lo condujeron al descubrimiento de otro isótopo importante, el isótopo del nitrógeno de peso atómico $A = 15$ (N^{15}). Estas bandas corresponden, según cálculos del efecto isotópico vibracional, a la molécula $N^{15}O^{16}$.

En el mismo año de 1929 la espectroscopía contribuyó al descubrimiento de otro isótopo más importante: el carbono de peso atómico $A = 13$; C^{13} . Este hallazgo se debe a un notable trabajo de King y Birge (l. c., pág. 38). En efecto (ver figura 16), al lado de

la banda (1, 0) del espectro del carbono, $C^{12}C^{12}$, del sistema de bandas de Swan a los $4737 \text{ \AA}^\circ$, aparece una banda más débil, de apariencia semejante a la (1,0). La cabeza de esta banda acompañante está desplazada hacia el rojo de la cabeza de la banda principal en $7,32 \text{ \AA}$. Es decir una separación aproximada a la de las componentes del doblete D (D_1, D_2) del Sodio ($6 \text{ \AA}^\circ$), que los espectroscopios de laboratorio apenas separan. En el espectrograma de King y Birge reproducido en la figura 16, obtenido con un dispositivo espectroscópico de Paschen de red de difracción cóncava, se pudo medir en ese intervalo 15 líneas de la banda débil con una precisión de $0,01 \text{ \AA}^\circ$. Esta banda proviene, según los cálculos de Birge y King, de la molécula $C^{12}C^{13}$ emitida en el horno eléctrico de King.

Más tarde se confirmó la existencia de dicho isótopo del Carbono en los espectros de CO (4º grupo positivo) y en la banda (0,0) del espectro de la molécula CN (cianógeno) que se encuentra a los $3883 \text{ \AA}^\circ$.

No termina aquí la fecundidad del estudio del efecto isotópico sobre los espectros moleculares. Pues además de ser una de las más bonitas pruebas de la teoría cuántica clásica y actual; de ser un instrumento eficaz en la individualización de la combinación molecular emisora o absorbente de un espectro dado; de haber confirmado la existencia de casi todos los isótopos descubiertos por el método de Aston; de haber hallado los isótopos raros del O , C y N , etc., es un instrumento importante en la determinación del valor absoluto de los números cuánticos vibracionales, de los pesos atómicos y de la abundancia relativa de los isótopos de un elemento por la intensidad de las líneas homólogas de un espectro.

El sistema de pesos atómicos y el descubrimiento del Hidrógeno pesado (H^2) o Deuterio (D). — Al descubrirse los isótopos del Oxígeno O^{17} y O^{18} se planteó un interesante problema: el de los pesos atómicos. En efecto, los métodos químicos dan los pesos atómicos tomando para la mezcla natural del Oxígeno el peso atómico $A = 16.000$. En cambio, en la escala de Aston, se refieren los pesos atómicos al $O^{16} = 16.0000$.

Birge y Mentzel ⁽¹⁾, en 1931, han hecho un estudio crítico de este problema y de la abundancia relativa de los distintos isótopos del oxígeno que influye en el peso atómico resultante de la mezcla na-

(1) *Phys. Rev.*, **37**, 1669, 1931.

tural. Adoptando la relación de abundancia $O^{16} : O^{18} :: 630 : 1$, de acuerdo a los trabajos de Meeke y Childs, aquellos autores obtienen el peso atómico del oxígeno natural en la escala de Aston:

$$A = \frac{630 \times 16 + 18}{631} = 16.0032.$$

Luego, para pasar de los pesos atómicos químicos a los de Aston se debe multiplicar los primeros por 1.00022. En 1931 se conocía el peso atómico del Hidrógeno determinado con mucha precisión por ambos métodos. El método químico dió $H = 1,00777$. El método de Aston: $H^1 = 1,00778$. La coincidencia parece perfecta. Pero a la luz del análisis de Birge y Mentzel esta aparente coincidencia revela una discrepancia de fondo. En efecto, antes de comparar esos valores debemos reducirlos a la misma escala. Si el peso atómico de la escala de Aston lo llevamos a la escala química, es decir, dividiéndolo por 1,00022, obtenemos $H^1 = 1,00756$, que descubre una discrepancia marcada entre los resultados de dichos métodos. La búsqueda de una explicación de esta dificultad sugirió a Birge y Mentzel la existencia probable de un isótopo de Hidrógeno. Estos físicos predijeron, pues, la existencia del Hidrógeno pesado H^2 o Deuterio y calcularon que la relación de $H^1 : H^2$ debe ser aproximadamente igual a 4500 : 1 para justificar la diferencia encontrada en los pesos atómicos.

Al poco tiempo de publicado ese trabajo, Urey, Brickwede y Murphy ⁽¹⁾ descubrieron dicho isótopo (el H^2) por el método espectroscópico. Fotografiando el espectro de Balmer de una muestra de hidrógeno en que se aumentó la relación $H^2 : H^1$ destilándolo en el punto triple. Las líneas H_α , H_β , H_γ y H_δ de dicha serie aparecen dobles, una de las componentes perteneciendo al H^1 y la otra a su isótopo H^2 . El desplazamiento isotópico medido es precisamente igual al que da la teoría del efecto suponiendo que la línea más débil proviene del H^2 .

Posteriormente se confirmó la existencia del Deuterio con el método de Aston.

Los primeros espectros de bandas en los que se registró la presencia del H^2 han sido obtenidos por Hardy, Barker y Dennison ⁽²⁾

⁽¹⁾ *Phys. Rev.*, **39**, 164, 864; **40**, 1, 1932.

⁽²⁾ *Phys. Rev.*, **42**, 279, 1932.

en el infrarrojo, correspondientes a las moléculas isotópicas del $HCl : H^2Cl^{35}$ y H^2Cl^{37} . Del análisis de esos espectros obtienen dichos experimentadores $\varphi^2 = \frac{\mu}{\mu^2} = 0,514430$, lo que da para la masa del Deuterio el valor $D = 2,01367$.

Actualmente se han estudiado decenas de espectros de moléculas donde se reemplazó el H^1 por el H^2 . Entre éstas cabe destacar la molécula del Deuterio mismo $D^2 = H^2H^2$ cuyas constantes molecu-



FIG. 17. — Espectrograma de W. Holst y E. Hulthén (l. c.), que muestra el efecto isotópico de la molécula AlH y AlD . Efecto que es bien visible sobre la banda $(0,0)$.

lares se han determinado de esa manera. En la figura 17 se ve el notable efecto isotópico molecular en el caso de AlH y AlD según W. Holst y E. Hulthén ⁽¹⁾.

En 1935 probó Bethe ⁽²⁾ que el valor $H^1 = 1,00788$ de Aston no estaba de acuerdo con otras determinaciones. En efecto, Oliphant, Kempton y Lord Rutherford ⁽³⁾; Bethe; Oliphant ⁽⁴⁾, etc., han encontrado discrepancias notables entre los valores de los pesos atómicos de un elemento determinado por distintas experiencias de desintegración artificial. Se obtiene, por ejemplo, para el C^{12} un peso atómico $C^{12} > 12,0025$, teniendo en cuenta que los rayos γ emitidos por el O^{16} tienen una energía de 5,4 millones-Electron-Volts (M. e. V.). En cambio, el núcleo de C^{12} emite una radiación γ de 5,5 M. e. V. Lo que da para el peso atómico del carbono C^{12} un límite superior $C^{12} < 12,0014$. Esto es inaceptable y Bethe concluye que esta contradicción sólo se salda admitiendo que la relación adoptada entre las masas de O^{16} y He^4 es falsa y señala que si se toma para el He^4 el valor $He^4 = 4,00216$ resulta $O^{16} = 15,9952$.

⁽¹⁾ *Phys. Rev.*, **47**, 633, 1935.

⁽²⁾ *Proc. Roy. Soc. (A)*, **150**, 241, 1935.

⁽³⁾ *Science*, 22 de marzo de 1935.

⁽⁴⁾ *Zeit. f. Phys.*, **90**, 712, 1934.

Dentro de esta escala corregida por Bethe el peso atómico del Hidrógeno es $H^1 = 1,00807$ y $H^2 = D = 2,01423$.

Investigaciones de gran precisión realizadas por Aston ⁽¹⁾ en 1936, confirman estos últimos valores de los pesos atómicos del Hidrógeno; según ellas es:

$$H^1 = 1,00812 ; H^2 = 2,01417 \text{ y } e^2 = 0,51438.$$

Los valores más recientes ⁽²⁾ (1940) son los siguientes:

$$H^1 = 1,00813 \text{ y } H^2 = 2,01473—$$

Estos, como los anteriores, están de acuerdo con los deducidos por Bethe. Sin embargo dan para el Hidrógeno un peso atómico, en la escala química, algo elevado respecto al consignado arriba de $1,00777 = 1,0078$. Pero Moles ⁽³⁾ hace notar que el valor químico obtenido puede resultar disminuído porque casi siempre se utilizó el Hidrógeno electrolítico para dichas determinaciones, el cual contiene una proporción inferior de Deuterio de la normal. El peso atómico del Hidrógeno en la escala química, tomando $O = 16,0000$, resulta $H = 1,0080$.

Giauque ⁽⁴⁾, Babcock y Birge ⁽⁵⁾ han aplicado los resultados del estudio del efecto isotópico para determinar la masa atómica del O^{18} , hallando su relación con el O^{16} , obteniendo $\frac{O^{18}}{O^{16}} = 1,1254$. Luego $O^{18} = 18,0065$. El valor aceptado hoy, obtenido en base a determinaciones de la espectroscopía de masas y los estudios de desintegración es $O^{18} = 18,00490$. Jenkins y McKellar ⁽⁶⁾ estudiaron el efecto isotópico vibracional y rotacional de las bandas de BO ($B^{11}O^{16}$ y $B^{10}O^{16}$), con el objeto de hallar la relación $\frac{B^{11}}{B^{10}}$ y McKellar ⁽⁷⁾ analizó el mismo efecto sobre las bandas de Li_2 (Li^7Li^7 y

⁽¹⁾ *Nature*, 137, 357, 1925, y 138, 1094, 1936.

⁽²⁾ *Phys. Zeit.*, 41, 1, 1940. (O. HAHN, S. FLUGGE y J. MATTAUCH).

⁽³⁾ Séptimo Informe de la Comisión de Pesos Atómicos de la Unión Internacional de Química. BAXTER, HONIGSCHMID y LEBEAU. *Anales de la Soc. Española de Fís. y Quím.*, 35, 88, 1937.

⁽⁴⁾ *Nature*, 124, 127, 1929.

⁽⁵⁾ *Phys. Rev.*, 37, 233, 1931.

⁽⁶⁾ *Phys. Rev.*, 42, 464, 1932.

⁽⁷⁾ *Phys. Rev.*, 44, 163, 1933.

Li^7Li^6). Para realizar dichos estudios con toda la precisión requerida y que está de acuerdo a la de sus medidas — en las que hemos tenido oportunidad de colaborar — las relaciones [21] y [22] que dan la energía vibracional y rotacional no son suficientes y los autores utilizaron las expresiones más precisas siguientes:

$$G(v) = \omega_e(v + 1/2) - x_e \omega_e(v + 1/2)^2 + y_e \omega_e(v + 1/2)^3 - z_e \omega_e(v + 1/2)^4 + \dots \quad [21']$$

y

$$F(v, J) = B_v J(J + 1) + D_v J^2(J + 1)^2 + F_v J^3(J + 1)^3 + \dots \quad [22']$$

que se traducen en efectos isotópicos de orden superior a los considerados hasta ahora. Los resultados de Jenkins y McKellar para el BO están de acuerdo con los obtenidos por otros procedimientos.

En efecto, estos físicos obtuvieron $\frac{B^{11}}{B^{10}} = 1,09961$, que está de acuerdo al valor más reciente de 1,09951 que resulta de los otros métodos ya citados y dan $B^{11} = 11,01290$ y $B^{10} = 10,01619$ ⁽¹⁾. Esto indica que la teoría del efecto isotópico está de acuerdo con la experiencia en sus más sutiles pormenores.

No sucede lo propio con el caso del L_i^2 . En éste obtiene McKellar $\frac{L_i^7}{L_i^6} = 1,1689$ y los valores actuales ⁽²⁾ provenientes de la espectros-

copia de masas y la desintegración dan $\frac{L_i^7}{L_i^6} = 1,1664$. La diferencia entre ambos valores es superior a los errores de los respectivos métodos. No conocemos (*) explicación concreta a esta discrepancia que pone en duda la validez general de la teoría del efecto isotópico que se aplica a BO , perfectamente. La contradicción parece deberse al hecho que la teoría que conduce a las fórmulas [21'] y [22'] deja de lado pequeños efectos no despreciables tratándose de precisiones grandes. De cualquier manera, ésta es una interesante cuestión no resuelta aún. Véanse, para ello, los trabajos de

⁽¹⁾ *Phys. Zeit.*, **41**, 1, 1940.

⁽²⁾ *Proc. Roy. Soc. (A)*, **163**, 391, 1937, y *Nature*, **137**, 357, 1935; **138**, 1094, 1936; **143**, 797, 1939. (Aston).

(*) Ver los trabajos de ALMY e IRWIN [*Phys. Rev.* **49**, 72, 1936] y de McKELLAR y JENKINS [*Dominion Astrophys. Obs.* - Victoria, B. C. **7**, N° 9, pág. 155] que parecen explicar satisfactoriamente la discrepancia anotada en el texto.

Van Vleck ⁽¹⁾, Dunham ⁽²⁾, Jenkins y Orenstein ⁽³⁾, Crawford y Jorgensen ⁽⁴⁾.

Efecto isotópico electrónico. — Consiste este efecto en uno análogo al descubierto en los espectros atómicos, por modificación de la constante de Rydberg de la teoría de Bohr. Ahora bien, este efecto es normalmente muy pequeño. Era pues de esperar un efecto de la misma magnitud en los espectros moleculares. En su investigación minuciosa y de gran precisión del espectro de BO encontraron Jenkins y McKellar que los orígenes de los dos sistemas de bandas isotópicas provenientes de $B^{11}O$ y $B^{10}O$, son:

$$\text{del } B^{11}O: \quad \nu_e = 23958,85 \pm 0,05 \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{y del } B^{10}O: \quad \nu_e^i = 23959,18 \pm 0,06 \text{ cm}^{-1}.$$

Estos valores indicarían un desplazamiento isotópico electrónico $\nu_e^i - \nu_e = 0,33 \text{ cm}^{-1}$.

Posteriormente se ha puesto de manifiesto dicho efecto en varios casos. Entre otros citemos el del HgH . Mrozowski ⁽⁵⁾ encuentra que el desplazamiento isotópico debido a los isótopos del Hg crece con los números cuánticos: vibracional v (en mayor grado) y rotacional J . Esta complicación del efecto isotópico la interpreta Bohr como debido a que la densidad de la carga de los electrones « s » del Hg es perturbada por la proximidad (variable con v y J) del protón del H que entra a formar la molécula HgH .

La comparación entre los espectros de HgH y HgD proporciona un caso de efecto electrónico notable. Mrozowski y Szule ⁽⁶⁾ encuentran los siguientes resultados:

$Hg \cdot H^+ \quad . \quad . \quad . \quad .$	$B_e'' = 6,613 \text{ cm}^{-1}$	$\omega_e'' = 2034 \text{ cm}^{-1}$	$T_e = 44319,4 \text{ cm}^{-1}$
$Hg \cdot D^+ \quad . \quad . \quad . \quad .$	$B_e'^i = 3,328 \quad \gg$	$\omega_e'^i = 1442 \quad \gg$	$T_e^i = 44307,9$

El desplazamiento electrónico es aquí $\Delta \nu_e = 11,5 \text{ cm}^{-1}$.

Gabel y Zumstein ⁽⁶⁾ pusieron de manifiesto otro notable efecto

⁽¹⁾ *Jour. Chem. Phys.*, **4**, 327, 1936.

⁽²⁾ *Phys. Rev.*, **41**, 721, 1932.

⁽³⁾ *Proc. Acad. Amsterdam*, **35**, 1212, 1932.

⁽⁴⁾ *Phys. Rev.*, **49**, 745, 1936. (Casos de LiH y LiD).

⁽⁵⁾ *Acta Phys. Pol.*, **4**, 1935; **6**, 44, 1937; *Zeit. f. Phys.*, **95**, 524, 1935; **99**, 362, 1936; y **102**, 545, 1936.

⁽⁶⁾ *Phys. Rev.*, **52**, 726, 1937.

electrónico, $\Delta\nu_e = 6 \text{ cm}^{-1}$, al comparar el espectro de ZnD^+ con el espectro de ZnH que tienen sus orígenes en $T_e^i = 46694 \text{ cm}^{-1}$ y $T_e = 46700 \text{ cm}^{-1}$, respectivamente.

Citemos, finalmente, el estudio de Imanishi ⁽¹⁾ del espectro del AuD en la región ultravioleta próximo al violeta donde se pone de manifiesto un desplazamiento isotópico electrónico $\Delta\nu_e = 21,6 \text{ cm}^{-1}$.

Influencia sobre el efecto de Raman. — Como es sabido este efecto consiste en el hecho de que la luz difusa contiene además de las frecuencias de la luz incidente, otras frecuencias (« líneas Raman ») de mayor y menor longitud de onda que algunas de las líneas primarias. Las « frecuencias Raman » igual a las diferencias entre las frecuencias de las « líneas Raman » y la frecuencia de la línea excitadora dependen de la constitución molecular del difusor, o sea de sus frecuencias de vibración y rotación cuantificadas. El espectro raman es por lo tanto diferente para moléculas isotópicas o grupos o radicales isotópicos, particularmente si el Deuterio reemplaza al Hidrógeno. Ver, p. ej.: K. W. F. KOHLRAUSH, *Der Smekal-Raman-Effekt*, 1931 y 1937. JAMES H. HIBBEN: *The Raman Effect and its Chemical Applications*, 1939.

(1) *Inst. Phys. Chem. Rev.*, Tokio, Sci. Papers, N° 694, p. 247, 1937.

BIBLIOGRAFÍA

General:

- (1) Ver los trabajos originales de MULLIKEN, BIRGE, JENKINS, etc., citados en el texto, y otros que figuran en la bibliografía de los libros que citamos.
- (2) W. JEVONS. — *Report on Band-Spectra of Diatomic Molecules*. 1 tomo. Cambridge, 1932. Contiene bibliografía hasta 1931.
- (3) H. SPONER. — *Molekülspektren und ihre Anwendung auf Chemische Probleme*. 2 tomos. 1936. Con bibliografía hasta 1935.
- (4) G. HERZBERG. — *Molekülspektren und Molekülstruktur*. Tomo I, *Zweiatomige Moleküle*, 1939.

A partir de la bibliografía, muy completa y clasificada, de JEVONS y SPONER, podemos consignar los siguientes trabajos no citados en el texto:

- (5) E. MIESCHER. — *Helv. Phys. Acta*, 8 (7), 587, 1935. « Efecto isotópico no resuelto en las bandas de SiBr.
- (6) S. IMANISHI. — *Inst. Phys. Chem. Res.*, Tokio, Sci. Pap., N° 607, p. 529, 1935. No encuentra evidencia del isótopo Au^{109} .
- (7) BEUTLER, DEUBNER y JÜNGER. — *Zeit. f. Phys.*, 93, 181, 1935. Espectros de absorción de H_2 y D_2 .

- (8) MORGAN. — *Phys. Rev.*, **50**, 603, 1936; **49**, 41, 47; 1936. — Efecto isotópico en los espectros de las siguientes sustancias: BiBr; BiCl; BiF; BiI; PbF; PbCl; PbBr; MgCl; MgBr, y MgI.
- (9) FUYOKA y TANAKA. — *Inst. Phys. Chem. Res. Tokyo, Sci. Pap.*, **654**, 121, 1936. — Sistema de bandas $^2\Pi \rightarrow ^2\Sigma$ del MgD.
- (10) W. WESHLI. — *Helv. Phys. Acta*; **9** (3), 208, 1936. — Efecto isot. en las bandas electrónicas de moléculas poliatómicas.
- (11) HORI y HURIUTI. — *Zeit. f. Phys.*, **101**, 279, 1936. — Efecto isotópico de $\text{Hg}^+ \text{H}$ y $\text{Hg}^+ \text{D}$.
- (12) MIGEOTHE and BARKER. — *Phys. Rev.*, **50**, 418, 1936. — Bandas de absorción de ND_3 .
- (13) HERZBERG, POTAT y VERLEGER. — *Zeit. f. Phys.*, **102**, 1, 1936. — Espectros de rotación y vibración de C_2HD . Distancias $C - C$ y $C - H$ del acetileno.
- (14) M. A. JEPPESEN. — *Phys. Rev.*, **50**, 445, 1936. — Bandas $^1\Sigma^* \rightarrow ^1\Sigma$ de Cu^{64}D y Cu^{65}D . $\rho = 0,999503$.
- (15) HEIMER. — *Zeit. f. Phys.*, **103**, 621, 1936. — Caso de BiD.
- (16) BEWERSDORFF. — *Zeit. f. Phys.*, **103**, 598, 1936. — Bandas de HD. Trabajo teórico sobre las intensidades anormales en el sistema $2p' \Sigma u - 1s^1 \Sigma g$.
- (17) M. K. SEN. — *Indian Jour. Phys.*, **10**, 429, 1936. — Caso de los espectros de Ga^{69}O y de Ga^{71}O .
- (18) M. ISHAG. — *Proc. Roy. Soc., London*, **159** (A), 110, 1937. — Bandas (2,0), (3,1) de longitudes de onda $\lambda = 2708$ y $2756 \text{ \AA}$ del OD.
- (19) DORBYSHARE. — *Proc. Roy. Soc., London*, **159**, (A), 93, 1937. — Espectro infrarrojo de $7600 - 8180 \text{ \AA}$ del Br y su efecto isotópico.
- (20) LECKIE. — *Faraday Soc. Trans.*, **32**, 1700, 1936. — Efecto Raman isotópico en las moléculas SO_4D_2 y D_2O .
- (21) VERLEGER. — *Phys. Zeit.*, **38**, 83, 1937. — Investiga los espectros infrarrojos en la región fotográfica de moléculas poliatómicas que contienen H y D.
- (22) NORLING. — *Zeit. f. Phys.*, **104**, 638, **106**, 177, 1937. — Ef. isotópico en el ácido clorhídrico: HCl y DCl.
- (23) NIELSEN y NIELSEN. — *Jour. Chem. Phys.*, **5**, 277, 1937. — Espectros infrarrojos de absorción de HDS y D_2S .
- (24) SEN GUPTA. — *Zeit. f. Phys.*, **105**, 487, 1937. — Ef. isotópico en Ge O.
- (25) GUNTSCHE. — *Zeit. f. Phys.*, **104**, 584, 1937. — Espectros de HgH y HgD.
- (26) DIEKE y M. N. LEWIS. — *Phys. Rev.*, **52**, 100, 1937. — Bandas de HD y D_2 que finalizan en el estado molecular $2p^1 \Sigma$.
- (27) H. O. BABCOCK. — *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **23**, 301, 1937. — Ef. isotópico sobre las distancias intermoleculares de las moléculas O_2^{16} y $\text{O}^{16}\text{O}^{18}$.
- (28) TURNER y HARRIS. — *Phys. Rev.*, **52**, 626, 1937. — Bandas ultravioletas de MgH y MgD.
- (29) DEILE. — *Zeit. f. Phys.*, **106**, 405, 1937. — Ef. isot. rotacional en las bandas de CdH y CdD.
- (30) FUJIOKA y KANAKE. — *Jour. Phys. Chem. Res. Tokyo, Sc. Pap.* N° 797, 713, 1938. — Caso de HgH y HgD.
- (31) MAHANTI y S. GUPTA. — *Zeit. f. Phys.*, **109**, 39, 1938. — Observan el efecto isotópico del Sn en las bandas de SnO.
- (32) JUVASZYNSKA y SZULE. — *Acta Phys. Pol.*, **7**, 49, 1938. — Espectro de MgD^+ .

- (33) R. W. WOOD y G. H. DIEKE. — *Jour. Chem. Phys.*, **6**, 734, 1938. — Analizar las bandas negativas del $N^{14}N^{15}$.
- (34) H. BELL y HARVEY. — *Proc. Roy. Soc. London*, **50**, 427, 1938. — Efecto isotópico en las bandas de PbS debidas al Pb^{208} , Pb^{207} , etc.
- (35) F. A. JENKINS y D. E. WOOLDRIDGE. — *Phys. Rev.*, **53**, 137, 1938. — Relación de las masas de los isótopos del C obtenida del espectro de $C^{13}N^{14}$ y $C^{12}N^{14}$:

$$\rho = \frac{\omega_e^s}{\omega} = 0.97898 \quad \therefore \quad C^{13} = 13,0088.$$
- (36) R. FRERICHES. — *Zeit. f. Phys. Chem.*, **181**, 355, 1938. — Estudia la relación $C^{12} : C^{13}$ en el diamante.
- (37) A. H. y H. H. NIELSEN. — *Phys. Rev.*, **54**, 118, 1938. — Espectro de absorción infrarrojo de CD_4 .
- (38) E. BARTHOLOMÉ. — *Zeit. f. Electrochemie*, **44**, 15, 1938. — Vibraciones moleculares de los compuestos del Deuterio.
- (39) E. OLSSON. — *Zeit. f. Phys.*, **108**, 322, 1938. — Predisociación de moléculas isotópicas.
- (40) R. INTOUTI. — *Chim. et l'Industrie*, **20**, 726, 1938.
- (41) MULLIKEN, HERZBERG, DENNISON, BEUTLER, SHORTLEY, etc. — *Synposium at the Jerkes Observatory*, 1938. — Interpretación de los espectros moleculares, etc.
- (42) I. SANDERMAN. — *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, **59**, 1; **2**, 130, 1938-1939. — Espectros moleculares de los isótopos del Hidrógeno.
- (43) R. S. MULLIKEN. — *Jour. Chem. Phys.*, **7**, 14-33, 1939; 121-135, 1939; **7**, 339, 1939. — Trata de las intensidades de las transiciones electrónicas en los espectros moleculares.
- (44) H. M. JAMES y A. S. COOLIDGE. — *Phys. Rev.*, **55**, 184, 1939. — Teoría de los espectros continuos de H_2 y D_2 .
- (45) A. ELLIOTT. — *Proc. Roy. Soc.*, **169** (A), 469, 1939. — Bandas atribuidas a NBr y efecto isotópico.
- (46) H. KRUGER. — *Zeit. f. Phys.*, **111**, 467, 1939. — Separación y estudios espectroscópicos de N^{15} en las bandas de N_2^{14} , N_2^{16} y $N^{14}N^{15}$.
- (47) E. HULTEN. — *Zeit. f. Phys.*, **113**, 126, 1939. — Esquemas de disociación para hidridos biatómicos y deutéridos. Casos de AlH y AlD.

PARÁSITOS DE *ALABAMA ARGILLACEA* HBN.
EN LA REPUBLICA ARGENTINA (1)

ESTUDIO PRELIMINAR

POR

EVERARD E. BLANCHARD

El estudio de los parásitos naturales de las plagas agrícolas adquiere, cada vez más, su merecido lugar en la investigación científica de los insectos nocivos para la agricultura, y una de las bases principales, si no indispensables para este estudio, es la identificación exacta de las diversas especies de insectos que aparecen en las crías de las plagas que se investigan.

Durante los últimos diez años, el autor ha tenido la oportunidad de estudiar numerosos lotes de insectos criados por diversos investigadores de la « Oruga de la Hoja del Algodonero » *Alabama argillacea* Hbn., en las diversas regiones algodonerías del país y cree oportuno presentar aquí la descripción de estos insectos con breves observaciones, con el objeto de estimular la investigación biológica de los mismos por los estudiosos que tengan la oportunidad de hacerlo.

Algunos de estos insectos — himenópteros y dípteros —, son parásitos primarios de la precitada plaga, otros son hiperparásitos, mientras que la biología de algunos es aún desconocida. La mayor parte de ellos han sido ya citados en los diversos números del *Boletín Informativo de Sanidad Vegetal* y en la « Lista de los artrópodos dañinos o útiles a los algodones argentinos » del entomólogo Pedro C. L. Denier publicada en *Physis*, tomo XVII, 1939, pp. 553-557.

Este mismo autor también ha publicado valiosos datos biológicos de algunas de estas especies en su « Informe Preliminar sobre varios Parásitos e Hiperparásitos de *Alabama argillacea*, Hbn. » (*Cir-*

(1) Trabajo presentado a la Primera Reunión de Investigadores y Experimentadores en las Ciencias Agronómicas. Buenos Aires, Abril 1941.

cular *Técnica N° 1, 1939 de la Sección Algodonera*), donde comunica el resultado de una experimentación e investigación paciente y minuciosa. Ultimamente el señor G. A. Kreibohm de la Vega ha publicado interesantes observaciones sobre este mismo tema, en la *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, Tomo XXX, pp. 172-176. También cabe mencionar las investigaciones del Ing. Roberto Mallo y del entomólogo Harry Parker, a quienes debo mucho material de estudio.

Para facilitar la identificación de las 30 especies tratadas, de las cuales 18 son descritas por primera vez, se presenta la siguiente clave, cuyo empleo se simplificará con los numerosos dibujos que ilustran este modesto estudio.

CLAVE PARA LA SEPARACIÓN DE LAS ESPECIES CRIADAS DE ALABAMA ARGILLACEA,
HBN., EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

1. Insectos adultos con un solo par de alas (*Dípteros*) 2
 - Insectos provistos de dos pares de alas (*Himenópteros*) 13
2. Postescutelo reducido, cuanto más, apenas convexo 3
 - Postescutelo prominente, muy convexo 10
3. Cerdas hipopleurales ausentes. . . *Mesazelia trichopoda*, sp. nov.
 - Cerdas hipopleurales bien desarrolladas 4
4. Primera nervadura longitudinal con cerdas
 - Oxyhellicobia chacoana*, sp. nov.
 - Primera nervadura longitudinal sin cerdas 5
5. Segundo segmento abdominal con un par de cerdas mediano-marginales
 - Sarcophodexiopsis tucumana*, sp. nov.
 - Segundo segmento abdominal sin cerdas mediano-marginales 6
6. Escutelo con tres cerdas laterales subiguales
 - Neosarcodexia deaurata*, sp. nov.
 - Escutelo con sólo dos pares de cerdas laterales 7
7. Escutelo con un solo par de cerdas discales
 - Euboettcheria anguilla*, C & W.
 - Escutelo con dos o más pares de cerdas discales 8
8. Tórax y abdomen con pruina grisácea
 - Sarcodexia sternodontis*, T. T.
 - Tórax y abdomen con pruina dorada 9
9. Tercer segmento abdominal con más de dos cerdas latero-marginales que, más o menos, forman hilera con las mediano marginales
 - Sarcodexia anisitsiana*, End.
 - Tercer segmento abdominal con sólo dos pares de latero-marginales bien distanciadas de las mediano-marginales. Dípteros pequeños.
 - Sarcodexia anisitsiana* var. *diminuta*, var. nov.
10. Con tres cerdas dorsocentrales postsuturales 11
 - Con cuatro cerdas dorsocentrales postsuturales 12

11.	Postórbitas con pruina densa amarillenta. Cerdas faciales en los $\frac{3}{4}$ inferiores de las faciales	<i>Patelloapsis rusti</i> (Aldrich).	
	Postórbitas con pruina grisácea. Cerdas faciales limitadas al $\frac{2}{3}$ inferior de las faciales	<i>Parabrachycoma ruficauda</i> , Blnchd.	
12.	Con tres cerdas esternopleurales	<i>Okeopsis ruficornis</i> , sp. nov.	
	Con cuatro cerdas esternopleurales	<i>Eutritochaeta aurea</i> , sp. nov.	
13.	Nervulación alar bien desarrollada, alas anteriores con varias células cerradas		14
	Nervulación alar muy reducida, limitada al borde anterior; sin células discales		19
14.	Alas anteriores con una sola nervadura recurrente		15
	Alas anteriores con dos nervaduras recurrentes		17
15.	Avispas pequeñas amarillentas de $2\frac{1}{2}$ milímetros de largo	<i>Apanteles malloi</i> , sp. nov.	
	Avispas de más de 10 milímetros de largo		16
16.	Avispas muy esbeltas con abdomen alargado y manchado con amarillo; alas cortas y hialinas	<i>Hymenopharsalia imitatoria</i> , sp. nov.	
	Avispas robustas, rojizas, con alas normales con anchas fajas negruzcas	<i>Agathis versicolor</i> , Brethes	
17.	Insectos de color rojizo claro con alas hialinas, el abdomen muy comprimido y alargado	<i>Enicospilus purgatus arcuata</i> , Say	
	Avispas con abdomen negro o negro con manchitas claras		18
18.	Nervulo aproximadamente equidistante entre la nervadura basal y la primera recurrente	<i>Brachycyrtomorpha crossi</i> , sp. nov.	
	Nervulo muy aproximado a la nervadura basal y alejado de la primera recurrente	<i>Paracharops annulatus</i> , sp. nov.	
19.	Nervadura marginal subigual a la submarginal	<i>Eupelmus elegans</i> , sp. nov.	
	Nervadura marginal más corta o más larga que la submarginal		20
20.	Nervadura marginal decididamente más corta que la submarginal		21
	Nervadura marginal más larga que la submarginal		30
21.	Fémures posteriores muy ensanchados y denticulados en el canto ventral		22
	Fémures posteriores normales, sin denticulación ventral		28
22.	Insectos negros compactos		23
	Insectos amarillos, esbeltos, con abdomen peciolado		26
23.	Carena malar simple, alcanza el borde inferior ocular	<i>Brachymeria ovata</i> (Say)	
	Carena malar bifurcada o doblada hacia el borde posterior de las mejillas		24
24.	Fosas antenales casi $1\frac{1}{2}$ veces más altas que anchas, el reborde inferior con dos proyecciones verticales que casi llegan al borde superior del clipeo	<i>Brachymeria subrugosa</i> , sp. nov.	
	Fosas antenales apenas más altas que anchas, reborde inferior sin proyecciones verticales		25
25.	Reborde inferior de las fosas con dos proyecciones subhorizontales que casi llegan al ángulo infero-interno del ojo	<i>Brachymeria denieri</i> , sp. nov.	
	Reborde inferior de las fosas sin proyecciones	<i>Brachymeria koehleri</i> , Blnchd.	

26. Mesonoto con dibujos negros . . . *Spilochalcis schultzi*, sp. nov.
 Mesonoto sin dibujos negros. 27
27. Pecíolo menos del $\frac{1}{6}$ del largo de los demás segmentos abdominales unidos;
 mejillas con perfil subrecto . . . *Spilochalcis tucumana*, sp. nov.
 Pecíolo aproximadamente $\frac{3}{4}$ del resto del abdomen; mejillas con perfil
 netamente arqueado *Ceratosmicra argentina*, sp. nov.
28. Antenas de 13 segmentos, maza triarticulada
Monodontomerus rianai, Blinhd.
- Antenas de 9 o de 11 segmentos 29
29. Antenas de 9 segmentos, maza entera
Litomastix brethesi, Blinhd.
- Antenas de 11 segmentos, maza triarticulada
Eurytoma chacoana, sp. nov.
30. Ala anterior con dos series de macrotriquias subparalelas, desde el nivel
 de la segunda cerda submarginal. Poros estigmáticos en línea recta.
Holcopeltomorpha christensenii, sp. nov.
- Las macrotriquias faltan en la mitad basal de la serie exterior de las pre-
 citadas. Poros estigmáticos en línea doblada.
Holcopeltomorpha distinguendus, Blinhd.

ANTHOMYIIDAE

Mesazelia, g. nov.

Genotipo. — *Mesazelia trichopoda*, sp. nov.

Cerca de *Azelia*, R. D., distinguiéndose por la falta de *IFR* cruzadas y la hilera completa de *FR* en el macho. Para otros caracteres véase la descripción del genotipo que sigue:

Mesazelia trichopoda, sp. nov.

Macho. — Cutícula cefálica negra; una pequeña mancha en frente del ocelo anterior, más claro, rufescente, a veces ocráceo. Parafrontalias y parafacialias con pruina densa plateada sedosa; las facialias y la lámina facial cinéreo pruinosas. Occipucio luciente con una mancha pruinosa grande a cada lado del epicéfalo y otra en el metacéfalo y en la parte externa de la mitad inferior de los paracéfalos. Altura cefálica 1.31. Ancho, 1.43. Eje antenal, 0.82. Eje vibrisal, 0.60. Eje oral, 0.52. Perfil frontofacial enteramente arqueado; el frontal, 0.86 y el facial, 0.56. Frente muy estrecha, comprimida, 0.07, apenas $\frac{1}{20}$ de ancho cefálico; la frontalia lineal. Parafrontalia ensanchándose anteriormente hasta 0.09. Parafacialias, $0.09 > 0.4$ con 3-4 pelitos microscópicos. Facialias, 0.07, calvas, parcialmente escondidas debajo de las parafacialias. Lámina facial, 0.28,

cuatro veces el ancho de las faciales; de perfil suavemente cóncavo y casi 2 veces más largo que ancho. Triángulo ocelar subhemisférico y horizontal. Mejillas muy estrechas, 0.04, con pocos pelitos negros. Ojos glabros, 1.16×0.86 . *FR*, 13-14 pares, el anterior cerca del nivel antenal. *OC*, 0.22, proclinadas y divergentes, subiguales a las *FR*. *VB*, 0.25, cortas y gruesas, con ápices separados, la línea intervibrisal, 0.39. *PVB*, 2-3, finas y subiguales a la $\frac{1}{2}$ de las *VB*. *PRSTM* piliformes. *VRI* apenas diferenciadas; las *VRE* no diferenciadas de las *PO* superiores.

Orificio oral, $0.52 \times 0.45 > 0.26$, estrechándose posteriormente; borde posterior subrecto, el anterior arqueado hacia adelante y para arriba. Haustelo corto, 0.37, negro. Labela submembranosa. Palpos negros, 0.40, delgados, subparalelos, con 2-3 cerdas largas ventrales y cortas dorsales.

Antenas negras. III, 0.28, aproximadamente 3 veces el II y con pruina gris plateada. Arista negra, 0.68, calva, con el $\frac{1}{6}$ basal engrosado; II, aproximadamente 2 veces más largo que ancho.

Tórax negro petróleo, el mesonoto subluciente, sin fajas y con pruina blanco cenicienta a cada lado en la sutura, y cerca de la sutura prescutelar. Pleuras también pruinosas. Prosterno, pro, ptero e hipopleuras, calvos. *AC*, $0 + 1$. *DC*, $2 + 3$. *IAL*, $0 + 2$. *SAL*, $0 + 3$, las dos anteriores cortas, apenas $\frac{1}{5}$ de las posteriores. *PAL*, 2; la interna, 2.26, casi $1 \frac{1}{2}$ veces la externa. *HM*, 3. *IHM*, 1. *PHM*, 2; la posterior larga. *NTPL*, 2. *STPL*, 2. *ESP*, 2. *PRPL*, 2; éstas y las anteriores, supraclinadas. Cerditas acrosticales en 4 hileras irregulares.

Escutelo subtriangular, del color del mesonoto, subluciente, sin pelitos o con muy pocos. *AP*, 0.70, casi 2 veces las *B*. *DSC*, 1 par, $\frac{2}{3}$ de las *B*, y aproximadamente 2 veces las *PRB*.

Abdomen del color del tórax con pruina intensa dorsal blanco cenicienta con las siguientes manchas negras mates: una que ocupa los dos $\frac{1}{4}$ medianos del I, con bordes laterales muy cóncavos, una línea gruesa mediana desde la base del I hasta el medio del IV, y una mancha subcircular apical en cada lado de ésta en el II y el III. Mitad apical del IV con pruina menos intensa. Abdomen apenas más que $1 \frac{1}{2}$ veces más largo que ancho, estrechándose desde el I.

Patas negras, sublucientes. Coxas posteriores sin pelos posteriores. Fémures intermedios con hilera de 7-9 *A*, más cortas que el diámetro máximo femoral, en los $\frac{2}{3}$ basales, y aproximadamente 3 *P* apenas más largas que las *A*, precedidas por una hilera de 9 pelos del mismo largo y con puntas curvadas; $\frac{1}{3}$ apical con *V*

apretadas cortas. Fémures posteriores un poco inflados en el $\frac{1}{4}$ apical donde presentan 5 *AV* piliformes, curvadas en la $\frac{1}{2}$ apical y $1\frac{1}{2}$ veces el diámetro máximo femoral; 6 *AD* en línea suboblicua. Tibias posteriores con abundantes pelos largos vellosos ventrales, 2 o más veces el diámetro tibial, y 2 *D*: una preapical y la otra en el $\frac{1}{3}$ apical.

Alas 3.00×1.43 , subhialinas e iridescentes. Charretera negra. Basicosta amarillo ocráceo claro. Costigio, costa, ápice de la *R1*, pálido amarillentos, las demás nervaduras subparduscas. Prestigma, 0.94; estigma, 0.26; postestigma, 1.16; radiocosta, 0.41; distocosta, 0.25. Apice de la *R5* en el ápice alar. *R6*, 0.11; *M2*: $0.86 + 0.33 + 1.13$. *M3*, 0.43, subrecto. *C1*: $1.16 + 0.26$, la última sección pigmentada en los $\frac{3}{5}$ basales. *CS* no diferenciada. Escamas blanco subopalinas, rebordes claro amarillentos con flequillo corto blanquecino. Balancines amarillos.

Largo: 4.20 mm.

Hembra. — Frente 0.28 del ancho cefálico. Parafrontalia negra, luciente, con el borde externo pruinosos. Frontalia pardo^o aterciopelada, calva, subigual a la parafrontalia. Triángulo ocelar alcanza la mitad de la línea ocelantenal. Parafacialias muy estrechas y pruinosas. *FR*, 9-11 irregulares. *FROR*, 2 subiguales. *VRI* y *VRE*, subiguales a las *FROR*. *OC* como en el macho. Abdomen unicolor, luciente, negro petróleo, sin pruina, un poco más ancho que largo y 1.38 veces el ancho del tórax. Tibias posteriores sin pelos largos vellosos ventrales, pero con 2 *AV* cortas en el penúltimo $\frac{1}{4}$ de su largo. Fémures posteriores no inflados.

Largo: 3.80 mm.

Cotipos. — En la colección del autor.

Observaciones. — Esta nueva especie fué criada por primera vez por el Ing. Roberto Mallo de capullos de algodónero procedente de Formosa, VI, 28. Ultimamente ha sido criado en Tucumán con *Alabama argillacea*, Hbn., por el señor Kreibohm de la Vega, en 1941.

SARCOPHAGIDAE

Euboettcheria anguilla, C. & W.

Sarcophaga anguilla, CURRAN & WALLEY, *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, vol. LXVI, pp. 484-485, fig. 36, 1934.

Esta especie común en el Noroeste Argentino, fué criada por el señor G. A. Kreibohm de la Vega en Tucumán de *Alabama argillacea*, Hbn. Con toda probabilidad es saprófago o parásito débil.

Neosarcodexia, g. nov.

Genotipo. — *Neosarcodexia deaurata*, sp. nov.

Cerca de *Sarcodexia*, T. T., pero con 3 *L* escutulares fuertes. Prosterno, placas latero-postescutulares, declive postalar y barreta hipopleural, negro pilosos. Para otros caracteres véase la descripción del genotipo que sigue.

Neosarcodexia deaurata, sp. nov.

Hembra. — Cutícula cefálica negra con la muesca facial claro rojiza. Parafrontalias, parafacialias, mejillas, postórbitas y occipucio con densa pruina dorada. Facialias y lámina facial con pruina subplateada. Altura cefálica, 2.35. Ancho, 3.85. Eje antenal, 1.80; vibrisal, 2.00. Frente $1.10 < 1.60$. Cara, $1.10 < 2.50$. Frontalia, 0.55,

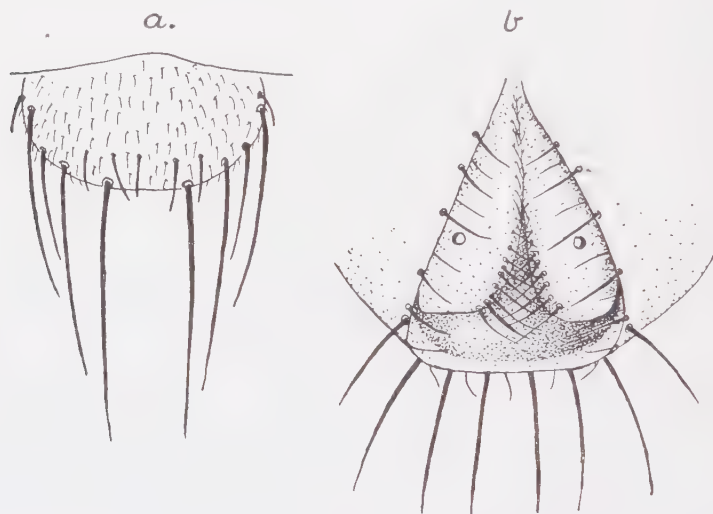


FIG. 1. — *Neosarcodexia deaurata*, g. et sp. nov. ♀: a, escutelo; b, aspecto ventral de los segmentos genitales.

paralela, negro aterciopelado con pocas cerdas convergentes en la mitad posterior. Parafrontalias $0.37 < 0.60$, con escasos pelitos negros en la mitad anterior y más abundantes en la posterior. Perfil frontal 1.60; el facial, subvertical, 1.85; el ángulo entre ellos, 120° . Parafacialias 0.45, paralelas, con una serie compacta de pelitos orbitales, los 5 inferiores más largos, cerdosos, tan largos como el ancho del III antenal. Facialias 0.30, convergentes en el $\frac{1}{4}$ inferior y con

abundantes pelitos finos negros en más de la mitad inferior. Lámina facial, 0.80, netamente ahuecada y $1\frac{2}{3}$ veces más alto que ancho. Epistomio, 0.60, colocado en el plano de la lámina; su largo apenas el $\frac{1}{4}$ de su ancho. Mejillas 0.80, poblado de pelitos negros. Ojos, 2.25×1.35 , calvos. Occipucio con dos series de pelitos negros intrapostorbitales, y con abundantes pelos amarillentos mates. Triángulo ocelar horizontal con algunos pelitos cerdosos. *FR*, 9-11 pares en líneas rectas paralelas hasta los 4 anteriores donde se curvan suavemente exteriormente, la *FRA* al nivel del tercio apical del II antenal. *FROP*, 2, la posterior $\frac{3}{4}$ de la anterior. *FROR*, 1, subigual a la *FROPP*. *VRI*, 1.40. *VRE*, 1.00. *OC*, subigual a las *VRE*, finas proclinadas y divergentes. *POC* y *PVR*, fuertes, subiguales. *FCL*, 2-3 muy cortas en la intumescencia vibrisal. *VB*, 1.50, fuertes, cruzadas. *PVB*, 10, en dos hileras compactas, las internas más largas. *PRSTM*, 10, más cortas y finas que las *PVB* internas.

Orificio oral 1.65×1.00 ; la mitad anterior rectangular, la posterior, escutiforme. Haustelo, 0.96. Palpos negros, 1.05, claviformes con la mitad apical supracurvada; canto dorsal completamente ciliado, el ventral con algunas cilias largas ($1\frac{1}{2}$ veces el diámetro máximo del palpo) en la segunda mitad.

Antenas negras, el III con pruina grisácea. I no sale del plano frontal. II, 0.35, subluciente. III, 1.00, suavemente estrechada en la mitad apical y con ápice redondeado; éste falta el $\frac{1}{3}$ de su ancho para alcanzar la línea vibrisal. Arista 1.50, negra con un anillo claro amarillento subigual al $\frac{1}{3}$ de su largo en la mitad basal, ésta en su mayor parte, engrosada; los $\frac{2}{3}$ basales largo ciliados.

Tórax con cutícula negra. Mesonoto con tres pares de fajas densamente áureo pruinosas. Las submedianas anchas, paralelas y separadas por aproximadamente su ancho. Espacio entre las submedianas y las laterodorsales subigual al que separa las primeras. Fajas supra-alares continuas desde el lóbulo humeral. Propleura y mesopleura densamente áureo-pruinosas; la pteropleura, débilmente dorada. Demás pleuras con pruina cenicienta. Propleura calva. Prosterno, placas latero-postescutelares, declive postalar y barreta hipopleural, negro pilosos. *AC*, $1 + 1$, las *ACA* apenas diferenciadas. *DC*, $5 + 5$, irregulares, solamente la *DCA* presutural y las 2 *DCP* posteriores, bien diferenciadas. *IAL*, $1 + 2$, la *IALA* apenas diferenciada y la *IALP* anterior, débil. *SAL*, $2 + 3$, la primera *SALA* débil; la *SALP* intermedia 2 veces las otras. *PAL*, 2, la interna más fuerte. *HM*, 3. *IHM*, 1. *NTPL*, 4, acompañadas de 2-3 pelitos negros. *MSPL*, 7. *STPL*, 3 en línea y aproximadamente equidistantes.

Escutelo negro con pruina amarillenta y una faja mediana ancha apruinosa que casi llega al ápice. *B*, *PRANG* y *ANG*, fuertes, subiguales. *PB* subigual a la mitad de la *PRANG*. *PRB* apenas diferenciadas. *DSC*, 2 pares muy débiles.

Abdomen negruzco, marmoreado con pruina clara cenicienta. I con 2 *LM*. II con 2 *LM*. III con 1 par *MDM*, y 3 *LM*. IV con 16 *AP*. Esternito I negro piloso y con 4 *AP*; II y III con 4 *AP*; IV y V también con *AP*, pero más finas. Segmento genital ventral, la mitad interna rojiza, pruinosa, la externa negruzca subluciente. Bordes internos con aproximadamente 8 pares de cerdas convergentes.

Patas negruzcas, con pruina cenicienta, la mitad apical de la superficie posterior de los fémures anteriores e intermedias, con mancha alargada rojiza. Tibias intermedias con 2 *AD* fuertes; 1 *PD* y 2 *P*, cortas. Coxas posteriores con pelitos negros en el borde posterior.

Alas 9.00×3.60 , subhialinas, ligeramente ahumadas cerca de la base. Charretera negra. Basicosta y costigio, claro amarillentos. Nervaduras parduseas. Prestigma, 2.25; estigma, 1.30; postestigma, 2.75; radiocosta, 1.10; distocosta, 0.31; sección apical, 0.65. *M1*, 2.10. *M2*: $2.20 + 2.20 + 0.60$. Codillo rectangular, anguloso, colocado en el 0.31 del ancho alar transcodillar y separado del ápice por 2.44 veces la distancia que lo separa del borde posterior alar. *M3* subrecto, 1.40. *C1*: $3.40 + 0.85$, la sección apical pigmentada en el $\frac{1}{4}$ basal. *CS* no diferenciada. Prefurca y mitad basal de la primera sección de *R5* con 8-10 cerdas dorsales; prefurca con 3-4 ventrales. Escamas blanquecinas subopalinas con mancha discal ahumada y reborde amarillento; flequillo blanquecino sedoso, $1\frac{1}{2}$ veces el ancho del reborde. Balancines amarillentos con la base del capítulo obseurecida.

Largo: 10.80 mm.

Cotipos. — Dos hembras cazadas en Beazley, San Luis, por el Dr. Eduardo Del Ponte, VII, 1930.

Observaciones. — Las 2 hembras criadas de *Alabama argillacea*, Hbn, en Tucumán por el señor Kreibohm de la Vega no presentan *PB* escutelares.

***Oxyhelicobia*, g. nov.**

Genotipo. — *Oxyhelicobia chacoana*, sp. nov.

Cerca de *Helicobiopsis*, T. T., pero con *VRE* desarrolladas. Hipopigio con el I sin cerdas, sólo con pelitos negros muy finos marginales. Hipopigio II con 2 pares de *MDDSC* fuertes y pelos negros

erguidos esparcidos. Propleura desnuda. Prosterno con 2-3 pares de cerdas finas. Placas latero-postescutelares con setas negras cortas. Para otros caracteres véase la descripción del genotipo que sigue.

***Oxyhelicobia chacoana*, sp. nov.**

Macho. — Cabeza negruzca con pruina plateada densa en las parafrontalias, mejillas y postórbitas. Occipucio con pruina cenicienta débil. Frontalia pardo negruzca. Altura, 1.85; ancho, 1.60; eje antenal, 0.85; eje vibrisal, 0.70. Frente, $0.50 \times 0.37 < 0.50$, o sea 0.31 del ancho cefálico. Frontalia subigual a la parafrontalia, subparalela. Parafrontalia y parafacialia con hilera orbital de pelitos finísimos microscópicos. Parafacialia, 0.15, casi la mitad de la lá-



FIG. 2.—*Oxyhelicobia chacoana*, g. et sp. nov: a, forcípula interna; b, forcípula externa; c, cornetes anterior y posterior; d, falo.

mina facial (0.32). Facialias apenas convergentes y con 2-3 cerditas en la intumescencia vibrisal. Mejillas, 0.20, menos de la mitad del eje ocular y provisto de pocos pelos negros cerdosos. Ojos 1.15×0.75 , calvos. *FR*, 5 pares subiguales y cruzadas, en líneas subparalelas;

(Concluirá en el próximo número).

HESPERIOIDEA ARGENTINA

XIII

POR

KENNETH J. HAYWARD, F. R. E. S., F. R. G. S., F. Z. S.

Los datos incluídos en este trabajo son los que han sido acumulados durante el tiempo transcurrido entre la fecha de la entrega a la imprenta de mi «*Hesperiidarum Argentinae Catalogus*» y la publicación final del mismo ⁽¹⁾.

Cuando las circunstancias me lo permitieron, los datos nuevos fueron incorporados en el citado trabajo durante su impresión y es por esta razón que ciertas especies figuran en este catálogo sin haber sido citadas con anterioridad como de procedencia argentina.

I. — ESPECIES NUEVAS PARA LA ARGENTINA

Antigonus excisus (Mabille).

Ver p. 265 del «*Catalogus*». Es probablemente la especie citada por Draudt en Seitz, *Macrolep.*, 5, p. 904, como «*incisa* Mab.». Muy parecida a *liborius* Plötz, siendo por lo general más pequeña, con solamente dos fajas oscuras transversales de las cuales la basal existe en el ala posterior como una mancha en la célula solamente. En la mayoría de los ejemplares hay dos puntitos blancos hialinos subapicales en el ápice del ala anterior. Misiones.

(1) *Rev. Mus. La Plata* (n. ser.), 2: 227-340, 1942.

Ancyloxypha dryas nov. (Fig. 1).

FIG. 1. — Genitalia del ♂ holotipo de *Ancyloxypha dryas* Hayw., con vista dorsal del uncus, etc.

Esta especie no está mencionada en el «*Catalogus*».

Exp. alar, ♂♂ 22 mm, ♀♀ 24-25 mm.

Especie próxima a *A. arene* Edwards. ♂. Amarillo rojizo. Ala anterior con la costa negra. El borde externo negro desde 2/3 costa oblicuamente hasta M^2 y después paralelo al margen (donde este borde negro mide algo más que 2 mm de anchura), hasta el ángulo interno. El borde interno negro con una línea indefinida del color de fondo en la célula anal desde la base hasta más o menos 2/3. La célula discoidal negra, este color continuado hasta el borde negro en forma de escamas aisladas y sobre M^2 como una línea negra, y entrando en la célula cubital superior en forma angular hasta el punto de nacimiento de Cu^2 .

El ala posterior con la base negruzca en forma de rayas; la costa con un ancho borde negro; el borde externo negro hasta la segunda analis y el margen anal ligeramente negruzco.

La faz inferior en el ala anterior de color castaño; el disco del ala con una mancha negra comprendida entre la radialis, ángulo

superior de la célula y el borde interno a $2/3$, ligeramente extendida hacia el ángulo interno en la célula analis. Las nervaduras negras y hay algunas escamas negras entre la mancha negra discal y el margen en las células cubitales. El ala posterior del mismo color de fondo, pero de un tono algo más claro, más claro todavía hacia el margen anal. Hay una línea gruesa de color amarillo claro en la célula, que se extiende desde la base del ala hasta el margen exterior. Las nervaduras amarillas.

Antenas negras con algunos anillos amarillos cerca de la base, la punta del apículo amarillento. Cabeza negra, los palpos con pelos amarillentos. Tórax y abdomen negros en la parte dorsal, grisáceos en la parte ventral, el abdomen amarillento lateralmente. Patas con pelos grisáceos.

La genitalia de los machos difiere muy poco de la de *arene*, salvo en la forma del aedoeagus y en la forma de la terminación de los lóbulos superior e inferior de las válvulas, (guiándome por el dibujo de la genitalia de *arene* publicado en Lindsey, Bell y Williams, *Denison Univ. Bull.*, 26, pl. 15, fig. 6, 1931).

♀. Algo más grande que el ♂. El color de fondo un poco más claro.

Descripta de seis ♂♂ y dos ♀♀ coleccionados por el autor cerca del lugar denominado «Las Criollas» (al Oeste de Choromoro en la provincia de Tucumán), 1º de febrero de 1941.

Esta especie difiere de los ejemplares de *arene* en mi colección por la célula negra y los bordes negros mucho más anchos, también en la forma de la genitalia de los machos.

Alerema n. gen. (Fig. 2).

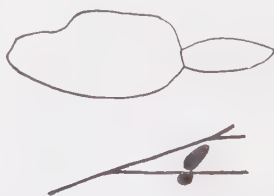


FIG. 2. — Género *Alerema* Hayw., palpo y estigma del macho.

Antenas más largas que $1/2$ costa, la maza regularmente larga con la punta suavemente doblada, pero no en forma de un gancho fuerte. Tercer artejo de los palpos cónico y aproximadamente $1/2$ el largo del segundo. Alas anteriores y posteriores de la forma de las

de *Lerema*, la posterior con una proyección caudal. Ala anterior con la célula más que $\frac{1}{2}$ del largo del ala. Sc. se une con la costa a $\frac{2}{3}$. Las distancias entre los puntos de nacimiento de R_1 y R_2 algo menos que entre R_2 y R_3 y entre R_3 y R_4 el doble que entre R_4 y R_5 y R_5 y M_1 que son subiguales. M_2 nace más cerca de M_3 que de M_1 . Cu_1 nace un poco antes el fin de la célula y Cu_2 de aproximadamente $\frac{1}{2}$ célula. En el ala posterior Cu_2 nace más cerca de Cu_1 que de la base del ala, Cu_1 un poco antes y M_3 del ángulo inferior de la célula. En los machos un estigma formado por una mancha oblicua ovalada en el ápice de la célula cubital superior y debajo en la célula cubital inferior y tocando esta nervadura, un pequeño punto redondo. Tibias de las patas medianas con un par de espolones y de las traseras con dos pares de espolones, sin espinas.

Ortotipo *Alerema aeteria* Hayward. Debe ser colocado después del género *Lerema*.

Álerema aeteria nov. (Fig. 3).

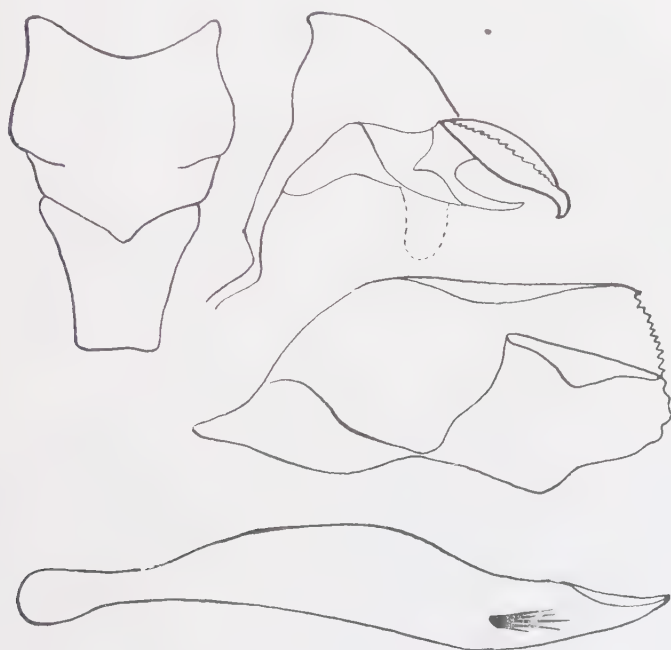


FIG. 3.— Genitalia del holotipo ♀ de *Alerema aeteria* Hayw., con vista dorsal del uncus, etc.

Exp. alar ♂ 31 mm.

♂. La faz superior de ambas alas de color marrón oscuro, algo más negruzco en el ala anterior, el estigma negro. Las orlas algo

más claras (más grisáceas) que el color de fondo de las alas. Ambas alas con una línea marginal negruzca. En la célula anal del ala anterior y la base del ala posterior hay largos pelos, ligeramente más claros (más dorados), que el color de fondo.

En la faz inferior el ala anterior marrón oscura, apenas más clara en el margen interior y con rastros de tres guiones subapicales y dos puntos postdiscales más claros. Las nervaduras radialis y subcostal basad de los guiones subapicales más claras que el color de fondo. El ala posterior de un color marrón más vivo, salpicado con escamas grisáceas especialmente en las células anales. En la célula hay un puntito claro y una hilera curva postdiscal de cinco puntos claros similares.

Antenas del color de fondo con algunas escamas doradas en la faz inferior y parte inferior de la maza. Palpos de pelos negros y grises con otros bronceados en la parte superior. Pelos de la cabeza negros y bronceados, los ojos circundados por una franja de pelos bronceados. Tórax y abdomen negruzcos, con pelos similares a los que se hallan en las alas. Patas con escamas y pelos bronceados.

Holotipo ♂ en la colección del autor, procedente de Misiones.

Esta es la especie mencionada en la página 228 de mi «*Catalogus*» como una «*Lerema* sp. ».

Lerodea matildae Hayward.

Misiones. Descripta en una nota de pie (página 294) de mi «*Catalogus*».

Lerodea telata (Herrich-Schäffer). (Fig. 4).

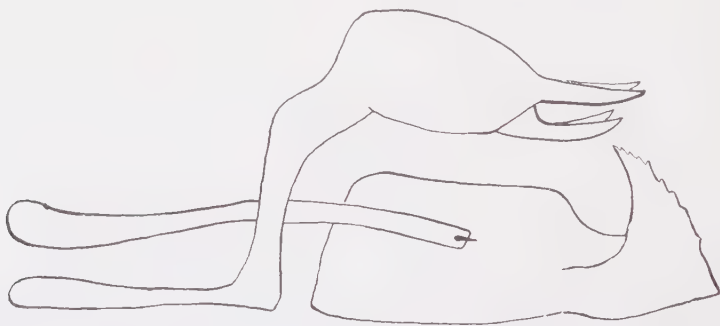


FIG. 4. — Genitalia del ♂ de *Lerodea telata* (H. S.), redibujado, según Bell.

1869. *Cobalus telata* Herrich-Schäffer, *Corr. Zool-Min. Ver. Regensb.*, 23, p. 201.

1883. *Hesperia telata* Plötz, *Stett. Ent. Zeit.*, 44, p. 51.

1941. *Lerodea telata* Bell, *Ent. News*, 52, p. 182, fig. 1, (♂ genitalia).

Esta especie fué citada en Hayward, *Rev. Soc. Ent. Arg.*, 6, p. 159 (1934) erróneamente por *tyrtacus* Plötz. Ambas especies vuelan en la Argentina. Por lo general los puntos claros de la faja discal son más reducidos en *tyrtacus* (ver «*Catalogus*», p. 296), y a veces faltan. Según Plötz (*loc. cit.*), los puntos de *telata* son amarillentos, los de *tyrtacus* blancos. Difieren completamente en la forma de la válvula del órgano genital de sus machos. Para la ayuda de los lectores argentinos, doy una copia de los dibujos de los órganos de ambas especies, copiada de Bell (*loc. cit.*).

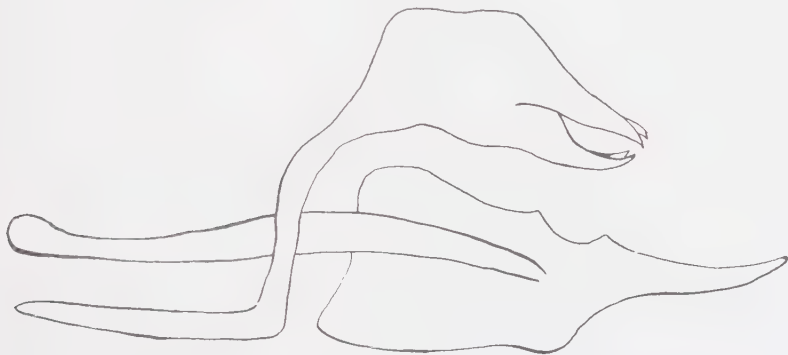


FIG. 5.— Genitalia del ♂ de *Lerodea tyrtacus* (Plötz), redibujado, según Bell.

II. — NUEVAS PROCEDENCIAS

Por intermedio del Sr. Alberto Breyer he recibido para su clasificación los hespéridos capturados en la provincia de Catamarca por el Dr. Bernardo Schaefer. Las especies mencionadas a continuación no han sido citadas como de procedencia de Catamarca hasta la fecha.

Urbanus proteus (L.).

Chioides catillus (Stoll).

Proteides barisses (Hew.).

Nascus ocellata Hayw.

Oechydrus chersis (H. S.).

Zopyrion evenor Godm. et Salv.

Achylodes thraso (Hbn.).
Gorgythion begga fa. *pyralina* (Mschlr.).
Helioptes omrina (Btlr.).
Helioptes pastor (Fldr.).
Helioptes leca (Btlr.).
Helioptes domicella (Er.).
Pyrgus americanus bellatrix (Plötz).
Pyrgus orcus (Stoll).
Pyrgus bocchoris (Hew.).
Erynnis funeralis (Sed. et Burg.).
Ancycloxypha nitedula (Burm.).
Polites vibex (Gey.).
Lerodea monestes (Schaus).
Thespieus argentina Draudt.
Cobalus cannae H. S.
Phlebodes silvicultrix Hayw.
Vorates mabillei Giac.

III. — ACLARACION DE CIERTOS CAMBIOS EN LA NOMENCLATURA EMPLEADA EN « HESPERIIDARUM ARGENTINAE CATALOGUS »

En el « *Catalogus* » se encuentran incorporados algunos cambios en la nomenclatura empleada en mis trabajos anteriores y para la conveniencia del lector que no tiene a su disposición la literatura necesaria y puede desear saber la razón para estos cambios, he pensado que sería conveniente explicarlos más abajo.

Género *Astraptes* Hübner. Siendo co-genéricas las especies *aulestes* Stoll (logotipo del género *Astraptes*, *Verz. bek. Schmt.*, p. 103, 1820) y *talus* Cramer (logotipo del género *Telegonus*, *loc. cit.*, p. 104), es necesario emplear *Astraptes* como nombre del género considerado anteriormente como *Telegonus*.

Género *Mylon* Godman et Salvin. Por no existir, en la opinión del autor, diferencias de índole genérica entre *Mylon* y *Eudamidas* Godman et Salvin, se ha suprimido en el « *Catalogus* » el género *Eudamidas*, colocando en *Mylon* las especies que se hallaban en este género.

Género *Antigonus* Hübner. Por considerar el haplotipo del género *Chaetoneura* Felder (*Chaetoneura hippulus* Felder) co-específico con el logotipo de *Antigonus* Hübner (*Urbanus vetus erosus*

Hübner), decidí suprimir el género *Chaetoneura* como sinónimo de *Antigonus* Hübner.

Género *Diphoridas* Godman et Salvin. El género *Helias* Fabricius (Illiger, *Mag. f. insektenk.*, 6, p. 287, 1807, haplotipo *Urbanus vetus phalaenoides* Hübner) y *Achna* Billberg (*Enum. Ins.*, p. 80, 1820 y basado sobre *Helias*) son inválidos, estando basados ambos sobre un *nomen nudum*, por haber sido descrita la especie *phalaenoides* sólo en 1820. Por lo cual tenemos que emplear el nombre *Diphoridas* de Godman y Salvin (1896).

Por las razones expuestas en el «*Catalogus*» (pág. 285), fué necesario crear un nuevo nombre (*Neadopaea* Hayward) para las especies del género conocido antes bajo el nombre *Adopaeoides* Godman, desde que este nombre debe reemplazar a *Zariaspes* Godman, pues éste cae en sinonimia.

Igualmente se substituyó *Cordillana* Hayward, *nom. nov.*, por *Andinus* Hayward, *nom. praeoc.*

Corrigenda. Debido a un error tipográfico, en *Hesp. Arg.* XII, (*An. Soc. Cient. Arg.*, 130, p. 84), la nueva especie *Lerema robignosa* Hayward, figura en la línea 14 como *Lerema robiginosa*, estando bien escrito en la leyenda de la figura Nº 9 (pág. 85).

BIBLIOGRAFIA

COMITÉ ARGENTINO DE BIBLIOTECARIOS DE INSTITUCIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (SOCIEDAD CIENTÍFICA ARGENTINA). — *Catálogo de Publicaciones periódicas científicas y técnicas recibidas en las bibliotecas de las instituciones adheridas al Comité*. Edición de la Comisión Nacional de Cultura. Un volumen de 342 páginas. Buenos Aires, 1942.

La necesidad que los estudiosos experimentan de consultar publicaciones periódicas de índole científica y técnica, no puede, en muchos casos, satisfacerse rápidamente por la imposibilidad de saber en qué biblioteca se encuentran. Esta situación, además, obliga a ambular por las bibliotecas en busca de las revistas, anales, boletines, etc., necesarios, y ello, no siempre con resultados positivos.

En el seno de la Sociedad Científica Argentina, el doctor R. Vanossi se hizo eco del propósito de resolver ese problema, proponiendo invitar a diversas instituciones científicas y técnicas, a una reunión para discutir todos sus aspectos. Fruto de la misma fué la constitución del « Comité Permanente de Bibliotecarios », el cual dispuso la preparación de un catálogo de publicaciones periódicas, científicas y técnicas recibidas regularmente por las instituciones entonces invitadas y las que, eventualmente, pudieran adherirse. La dirección técnica del mismo se confió a D. Ernesto G. Gietz; la Comisión Nacional de Cultura costeó, por gestión de la Sociedad Científica Argentina, la impresión del volumen resultante.

El Catálogo abarca 7.387 publicaciones recibidas regularmente en 64 bibliotecas, de las cuales 39 no son públicas, pero a las que se podrá tener acceso por medio del Comité. Todas, con excepción de una, están ubicadas en la región de la Capital Federal y La Plata.

Casi todos los títulos y demás datos de dichas publicaciones, fueron prolijamente confrontados con los repertorios bibliográficos conocidos. El Catálogo está estructurado por orden alfabético del título de las publicaciones, con la especificación de la o las bibliotecas en que se encuentran.

La obra del epígrafe resulta, evidentemente, un complemento valiosísimo de las revistas bibliográficas del tipo de *Chemical Abstracts*, *Biological Abstracts*, etc., y, en consecuencia, será de suma utilidad en la biblioteca del investigador científico y del técnico.

El Comité proyecta, para un futuro inmediato, ampliar su acción mediante la preparación de un catálogo similar a éste, pero abarcando otras ramas del conocimiento y todos los centros científicos del país.

R. H. MOLFINO.



Tanto el "SAN MARTIN", empleado a través de los años en millares de importantes construcciones, como el "INCOR", cuya alta resistencia inicial permite la pronta habilitación de las obras, responden a toda exigencia técnica para construir obras sólidas, seguras y permanentes.

CALIDAD — SERVICIO — COOPERACION



COMPAÑIA ARGENTINA DE CEMENTO PORTLAND

RECONQUISTA 46 — BUENOS AIRES

• SARMIENTO 991 — ROSARIO

C. E. 159

COMPANIA DE SEGUROS
La Comercial e Industrial de Avellaneda
SOCIEDAD ANONIMA

Incendio

Cristales

Avda. Mitre 429 (pliso 1º) - Avellaneda — Unión Telefónica 22-7941



EL COMERCIO

COMPANIA DE SEGUROS A PRIMA FIJA

MAIPU 53 - Bs. As. - U. T. 34, DEFENSA 2181

VIDA - INCENDIOS - AUTOMOVILES

★

★

MARITIMOS - CRISTALES - GRANIZO

Presidente: Ernesto Mignaqui

Gerente: E. P. Bordenave



Av. R. SAENZ PEÑA 530 - BUENOS AIRES

*La más poderosa y
difundida en el país.*

Seguros de Vida en vigor

\$ 339.345.032 m/l.

Reservas Técnicas:

\$ 54.369.767 m/l.

Pagados a Asegurados y Beneficiarios desde 1923:

\$ 107.469.478 m/l.

RUEDAS QUE GIRAN...



SHELL
IMPULSA LAS RUEDAS
DEL PROGRESO

LUBRICANTES, COMBUSTIBLES Y OTROS PRODUCTOS SHELL DE PETROLEO AL SERVICIO DE LA VIDA MODERNA

C R I S T A L E R I A S
M A Y B O G L A S

Sociedad de Responsabilidad Limitada

CAPITAL \$ 1.000.000 m/n



ENVASES DE VIDRIO - TUBOS DE VIDRIO

BLOQUES PARA PISOS Y TABIQUES

Escritorio:

Caseros 3121
U. T. 61-0212

Fabrica:

Tabaré 1630
U. T. 61-3800

FABRICA DE CALES - MATERIALES DE CONSTRUCCION

O. GUGLIELMONI

IMPORTADOR

UNICO REPRESENTANTE
EN BUENOS AIRES DE LA *Fábrica Cerámica "ALBERDI" S. A.*

BUENOS AIRES

Oficinas y Ventas:

Avda. DE MAYO 634

U. T. (34) 2792 y 2793

ARIENTI & MAISTERRA

EMPRESA CONSTRUCTORA



Caños de hormigón armado
para desagües pluviales.

Caños corrugados de concreto
simple, aprobados por Obras
Sanitarias de la Nación para
obras domiciliarias.



Absoluta Impermeabilidad.

SI SU PROVEEDOR NO LOS TIENE PIDALOS A SUS FABRICANTES
Av. VELEZ SARSFIELD 1851 - U. T. (21) 0075 - BUENOS AIRES

TALLERES
MARI

SOC. DE RESP. LTDA.

PTE. LUIS SAENZ PEÑA 1835

Sucesores de ERNESTO MARI e Hijos - Fundador: ERNESTO MARI - Año 1886

U. T. 23 - 0584 - 5327

TODA MAQUINA PARA LA CONSTRUCCION:

Moladoras - Mezcladoras - Hormigoneras - Guinches Giratorios - Baldes - Canastos, etc.
Elevadores de Materiales - Montacargas Eléctricos - Pescantes, plumas, plataformas, etc.

MECANICA EN GENERAL:

Cualquier Repuesto para Automóviles y para Máquinas Industriales.

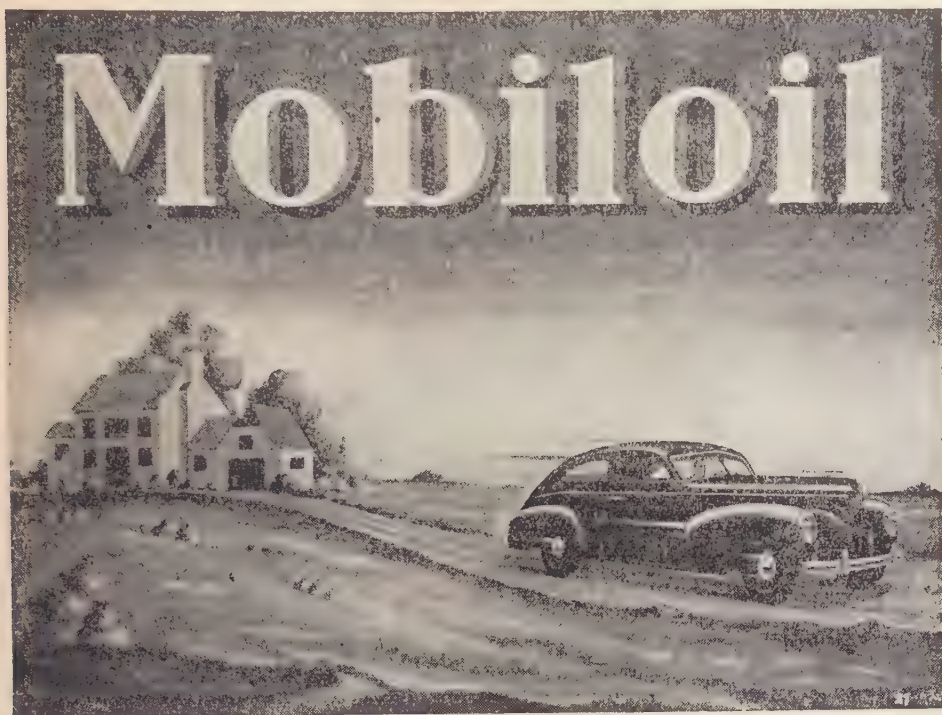


INDUSTRIA GRANDE
NACION PROSPERA

CEMENTO PORTLAND "LOMA NEGRA"
CEMENTO BLANCO "ACONCAGUA"
CAL HIDRATADA MOLIDA "CACIQUE"
AGREGADOS GRANITICOS

LOMA NEGRA S. A.

Moreno 1231 - Buenos Aires



COMPAÑIAS ARGENTINAS DE SEGUROS
"LA ESTRELLA" S. A. Y "AMERICA"

**PARA SUS BIENES ASEGURABLES, LES OFRECEN SUS AMPLIAS GARANTIAS
CIMENTADAS EN SU LARGA TRAYECTORIA DE VIDA ASEGURADORA**

Teléfonos:
U. T. 31, 2747 - 2890 - 2727

471-SAN MARTIN-475
BUENOS AIRES

SÓCIOS ACTIVOS

Abrines, Héctor Aníbal
 Agullar, Félix
 Albizzati, Carlos M.
 Alessi, Juan M.
 Alvarez de Toledo, Bell-sario
 Allende Lezama, Luciano P.
 Amoretti, Alejandro R.
 Anchorena, Juan E.
 André, Enrique de
 Afón Suárez, Vicente
 Aparicio, Francisco de Arce, José
 Arce, Manuel J.
 Arena, Antonio
 Arnaud, Silvio J.
 Avila Méndez, Delfín
 Bado, Atilio A.
 Bachmann, Ernesto
 Baglietto, Eduardo E.
 Balbiani, Atilio
 Balfani, Luis M.
 Bancalari, Agustín
 Bandoni, Alfredo J.
 Barabino Amadeo, S.
 Barral Souto, José
 Bazán, Pedro
 Becke, Alejandro von der
 Berjman, Elena
 Berrino, Juan B.
 Bertino, José Carlos
 Bertomeu, Carlos A.
 Besio Moreno, Nicolás
 Bianchi Lischetti, A.
 Biggeri, Carlos
 Blanchard, Everard E.
 Blaquier, Juan
 Blasco, José
 Boaglio, Santiago
 Bolognini, Héctor
 Bonanni, Cayetano A.
 Bonello, Roberto
 Bontempi, Luis
 Bordas, Alejandro F.
 Bordenave, Pablo E.
 Borzi, Ana María
 Bosch, Gonzalo
 Bosio, Anecto J.
 Bottaro, Juan C.
 Bozzini, Luis (h.)
 Briano, Juan A.
 Buich, Raúl
 Bula, Clotilde A.
 Buontempo, Guillermo
 Burkart, Arturo
 Busso, Eduardo B.
 Butty, Enrique
 Buzzo, Alfredo
 Cailliet Bois, Teodoro
 Canale, Humberto
 Capelli, Pedro F.

Capurro, Roberto H.
 Carabelli, Juan José
 Carbone, Esteban
 Carbonell, José J.
 Cárcova, Enrique de la
 Carelli, Antonio
 Carelli, Humberto H.
 Caride Massini, Pedro
 Carman, Ernesto
 Carniglia, José
 Casacuberta, Antonio
 Casal, Pedro Segundo
 Castellanos, Alberto
 Castello, Manuel F.
 Castiñeiras, Julio R.
 Ceppi, Héctor
 Clos, Enrique C.
 Cock, Guillermo E.
 Coni Bazán, F. A.
 Curti, Orlando P.
 Curutchet, Luis
 Chanourdie, Carlos C.
 Chanourdie, Enrique
 Chedufau, Edmundo C.
 Chizzini Melo, Aníbal F.
 D'Ascoli, Lucio
 Damjanovich, Horacio
 Dasso, Ricardo L.
 De Cesare, Elías A.
 De Fina, Armando L.
 De Nardo, Juan B.
 Dennler, Jorge
 Deulofeu, Venancio
 Díaz, Emilio C.
 Díaz, Emilio L.
 Dieulefait, Carlos E.
 Doello-Jurado, Martín
 Dobranich, Jorge W.
 Domínguez, Juan A.
 Dubecq, Raúl E.
 Dueñas, José
 Duhau, Luis
 Dupont, Enrique
 Durafona y Vedia, A.
 Durrieu, Mauricio
 Escudero, Antonio
 Escudero, Pedro
 Faré, Santo S.
 Farengo, Adolfo P.
 Fernández, Alberto J.
 Fernández Díaz, A.
 Fernández, José S.
 Fernández Long, S.
 Fesquet Alberto E. J.
 Figini, Angel
 Figuerero, Hernando W.
 Fischer, Gustavo Juan
 Flores, Emilio M.
 Florit, Carlos J.
 Fossa Mancini, E.
 Franceschi, Alfredo
 Frenguelli, Joaquín
 Fünrkorn, Divico A.

Gadda, Carlos Manuel
 Gaffuri, Domingo
 Gaimarini, Alfredo G.
 Gando, Alfredo R.
 Gandolfi Herrero, Augusto
 Gandolfo, José S.
 Gascón, Alberto
 Gaspar, Fernando L.
 Gavilán Alvarado, Elías R.
 Gécneau, Carlos E.
 Gerardi, Donato
 Ghigliazza, Sebastián
 Giagnoni, Bartolomé E.
 Giannone, José
 Giusti, Leopoldo
 González Domínguez, Alberto
 Gottschalk, Otto
 Grieben, Arturo
 Gutiérrez, Ricardo J.
 Herbin, Luis A.
 Hermitte, Enrique
 Herrera Vegas, M.
 Herzer, Bernardo
 Hickethier, Carlos F.
 Hofmann, Herbert
 Houssay, Bernardo A.
 Hoyo, Arturo
 Igartúa, Luis María
 Irigoyen, Luis H.
 Ivanissevich, Ludovico
 Jorge, José M.
 Jakob, Cristofredo
 Kapus, Ervin E.
 Kervor, Juan B.
 King, Diarmid O.
 Kinkellin Pelletán, Eugenio de
 Kinkellin Pelletán, J. C. de
 Knoche, Walter
 Krapf, Eduardo
 Labarthe, Julio
 Lagunas, Simón
 La Menza, Francisco
 Laporte, Luis B.
 Larco, Esteban
 Lasso, Alfredo F.
 Latzina, Eduardo
 Leguizamón Pondal, Martiniano
 Liebermann, José
 Lignéres, Roberto
 Lizer y Trelles, C. A.
 Loizaga, Niceto S.
 Lombardi, Alberto
 López Sommaschini, Antonio J.
 Loyarte, Ramón G.
 Llauro, José
 Magnin, Jorge

Mainini, Carlos
 Mallol, Emilio
 Mamberto, Benito
 Manera, Edmundo
 Marcó del Pont, E.
 Marchionatto, Juan B.
 Martignone, Eduardo
 Martini, Ardolino
 Marotta, F. Pedro
 Marotta, R. Armando
 Mazza, Sigfrido O.
 Méndez, Julio
 Meoli, Gabriel
 Meoli, Humberto
 Mercáu, Agustín
 Meriggi, Juan C.
 Mermoz, Francisco A.
 Micheletti, José A.
 Migone, Lucio V.
 Molino, José F.
 Molle, Clotilde C.
 Montes, Vicente E.
 Moragues Bernat, Jaime
 Moreno, Evaristo V.
 Mouchet, Enrique
 Muratti, Natalio
 Nágara, Juan José
 Natale, Alfredo
 Navarro Viola, Jorge
 Negrete, Lucía
 Negrí, Mario L.
 Ogloblin, Alejandro
 Oliveri, Alfredo E.
 Ortiz, Aníbal A.
 Ortiz de Rosas, Jorge
 Otamendi, Gustavo
 Ottonello, Héctor
 Ottonello, Néstor J.
 Páez, José María
 Page, Franklin Nelson
 Paitoví, y Oliveras A.
 Paquet, Carlos
 Parel, Clovis A. M.
 Parodi, Edmundo
 Parodi, Lorenzo R.
 Pastore, Franco
 Paz Anchorena, José M.
 Pérez Hernández, A.
 Pérez Martínez, Aníbal
 Perrone, Cayetano
 Pestalardo, Agustín
 Pini, Aldo S.
 Pistarelli, Julio A.
 Plá, Cortés
 Platz, Hubert
 Posadas, Carlos
 Quinos, José Luis
 Quinterno, Bruno F.
 Quiroga, Pedro R.
 Raimondi, Alejandro
 Raffo, Bartolomé M.
 Ramacconi, Danilo
 Ramallo, Carlos M.

Ratto, Héctor R.	Sánchez, José Ricardo	Solari, Miguel A.	Vanossi, Reinaldo
Rebuelto, Emilio	Sánchez, Gregorio L.	Somonte, Eduardo	Varela Gil, José
Reece, William Aher	Sanromán, Iberio	Sordelli, Alfredo	Veyga, Francisco de
Repetto, Blas Angel	Santángelo, Rodolfo	Soler, Frank L.	Vidal, Eduardo
Repossini, José	Sarhy, Juan F.	Spinetto, David J.	Vignati, Milcíades A.
Rissotto, Atilio A.	Sarrabayrouse, Eugenio	Spota, Victor J.	Vignaux, Juan C.
Rizzoli, Ricardo H.	Savon, Marcos A.	Storni, Segundo R.	Villalobos Domínguez
Robles, Angel A.	Schnack, Benno J.	Tarragona, José	Cándido
Rodríguez Aravena, S.	Schneider, Otto	Tello, Eugenio	Vinardell, Alberto
Rodríguez, Miguel	Schulz, Guillermo	Torre Bertucci, Pedro	Volpatti, Eduardo
Roffo, Angel H.	Selva, Domingo	Torello, Pablo	Walner, Jacobo
Roldán, Raimundo	Selzer, Samuel	Tossini, Luis	Wunenburger, Gastón
Rokotnitz, Otto	Sesma, Angel	Trelles, Rogello A.	Wauters, Carlos
Rossell Soler, Pedro	Sheahan, Juan F.	Trucco, Sixto E.	Wernicke, Raúl
Ruata, Luis E.	Simonoff, Miguel	Turdera, Raúl D.	White, Guillermo J.
Ruiz Moreno, Adrián	Simons, Hellmut	Valeiras, Antonio	Wolff, Pablo Osvaldo
Ruiz Moreno, Isidoro	Siri, Luis	Valentini, Argentino	Yepes, José
Sabarla, Enrique	Sirotsky, David	Valentiauzzi, Máximo	Zamboni, Agustín
Salomón, Hugo	Sobral, Arturo	Vallebella, Colón B.	Zappi, Enrique V.
Samplero, Adolfo D.	Solari, Emilio F.	Vallejo, Segundo E.	Zuloaga, Angel M.
Sánchez Díaz, Abel			

SOCIOS ADHERENTES

Bazzanella, José	Gorchs, Agustín C.	Monteverde, José J.	Rusconi, Carlos
Carrera, César J. M.	Greenway, Daniel J.	Peraldo, Leo	Sadosky, Manuel
Cotlar, Mischa	Krieger, Gordon C.	Podestá, Aubone Roberto	Stacco, Alberto Carlos
Chiodin, Alfredo S.	Laciou, Juan Pedro	Recoder, Roberto F.	Tortorelli, Lucas A.
Elizondo, Francisco M.	Mallhos, Luis E.	Repetto, Cayetano	Viticcioh, Fernando
Ferramola, Raúl	Milest, Emilio Angel	Reynal, Jorge E.	Wechsler, Wolf
García, Eduardo D.	Molfino, Rubén H.		

CASAS ADHERENTES

Angel Estrada y Cía.	De la Puente y Busta-	Lutz, Ferrando y Cía.	Polledo Hnos. y Cía.
Banda de Estribor	mante	Hijos de Atilio Massone	Rezzani y Esperne
Benvenuto y Cía.	D'Elia, Antonio	Otto Hess, S. A.	Rivara y Cía.
Caminos y Construccio-	Establecimientos Indus-	Peña, Guillermo A.	Siemens-Bauunion
nes Argentinas - CYCA	triales "Febo"	Jacobo Peuser, S. A.	T. Gr. "Tomás Palumbo"
Compañía General de	Italo Argentino Puricelli	Ltda.	Wayss y Freytag
Construcciones	Latham Urtubey, Agus-		
	tín O.		

SOCIO VITALICIO

Huergo, Eduardo María

MIEMBROS PROTECTORES DE LA ORGANIZACION DIDACTICA DE BUENOS AIRES

Anchorena, Juan E.	Besio Moreno, Nicolás	Tornquist, E. y Cía. (Lda.).
--------------------	-----------------------	------------------------------

SECCION CORDOBA

COMISION DIRECTIVA

Presidente delegado, Dr. Juan Olsacher; Secretario, Prof. Tulio Mácola; Tesorero, Agrº Bernardo Pilotto.

SOCIOS ACTIVOS

Brandan, Ramón A.	Deheza, Eduardo	Godoy, Salvador A.	Mirizzi, Pablo Luis
Brogia, Alberto A.	Esteban, Fernando	Hosseus, Carlos Curt	Olaf Lützow, Holm
Carlomagno, José	Fernández, Miguel	Mácola, Berardo A.	Olsacher, Juan
Chaudet, Enrique	Fontana, Lorenzo F.	Mácola, Tulio	Padula, Federico

Fasqualini, Clodoveo
Peláez, J. Gambastiani
de

Pilotto, Bernardo
Ponce Laforgue, Carlos

Rothlin, Edwin
Vercello, Carlos

Yadarola, Mauricio L.
Zimmer, Meade L.

SECCION SANTA FE

COMISION DIRECTIVA

Presidente, Ingº Quím. Guillermo Berráz; Vice-presidente, Ingº Agrº Bruno Santini; Secretario de actas, Ingº Quím. Oscar Mallea; Secretario de correspondencia, Per. Quím. Víctor S. Nicollier; Tesorero, Ingº Quím. Rafael O. Méndez; Vocales titulares: Prof. Rolando Hereñu e Ingº Agrº Arturo E. Ragonese; Vocales suplentes: Ingº Civ. Francisco E. Urondo e Ingº Quím. José Salgado; Encargado de Publicaciones, Ingº Civ. José Babini; Encargado de Biblioteca y Canje, Ingº Quím. Rodolfo Rouzaut.

SOCIOS ACTIVOS

Anadón, Leónidas
Ariotti, Juan Carlos
Babini, José
Berraz, Guillermo
Bertuzzi, Francisco A.
Bossi, Celestino
Cerana, Miguel
Claus, Guillermo
Cohan, Marcos
Courault, Pablo
Crouzelles, A. L. de
Cruellas, José
Christen, Carlos
Christen, Rodolfo G.

Fester, Gustavo A.
Giscafre, Lorenzo
Gollán, Josué (h.)
González G., Wenceslao
Hereñú, Rolando
Hotschewer, Curto
Juliá, Tolrá Antonio
Kleer, Gregorio
Lachaga, Dámaso A.
Lexow, Siegfried G.
Mai, Carlos
Mallea, Oscar S.
Mántaras, Fernando
Martino, Antonio E.

Méndez, Rafael O.
Minervini, José
Montpellier, Luis Mar-
cos
Mounier, Celestino
Muzzio, Enrique
Nicollier, Víctor S.
Nigro, Angel
Nikilson, Carlos A.
Oliva, José
Peresutti, Luis
Piazza, José
Piñero, Rodolfo
Pozzo, Hiram J.

Puente, Nemesio G. de la
Ragonese, Arturo E.
Reinares, Sergio
Rouzaut, Rodolfo
Salaber, Julio
Salgado, José
Santini, Bruno L. P.
Schivazappa, Mario
Simonutti, Atilio A.
Tissebaum, Mariano
Urondo, Francisco E.
Vergara, Emilio A.
Virasoro, Enrique
Zárate, Carlos C.

SECCION MENDOZA

COMISION DIRECTIVA

Presidente, Dr. Eduardo Carette; Vice-Presidente, Ingº Cayetano C. Picclone; Secretario, Sr. Adrián Ruiz Leal; Tesorero, Sr. Manuel Tellechea; Bibliotecario, —
Vocales: Dr. Juan B. Lara; Ingº Juan P. Toso; Sr. Ranulfo Rosales; Dr. Juan P. Paganotto; Dr. Mario Bidone.

SOCIOS ACTIVOS

Ayala Castagnino, G.
Bacal, Benjamín
Bauzá, Juan
Benegas, Raúl
Bidone, Mario
Borsani, Carlos Pablo
Burgos, Pedro A.
Carette, Eduardo

Casale, Florencio B.
Ceresa, Mario Carlos D.
Christensen, Jorge R.
Croce, Francisco M.
Dodds, Lionel
Gamba, Otto
Gomensoro, José N.
González, Joaquín R.

Jofré, Alberto L.
Lara, Juan B.
Lombardozzi, Vicente P.
Minoprio, José D. J.
Paganotto, Juan P.
Patiño, Roberto V.
Picclone, Cayetano C.
Ponce, José Raúl

Rosales, Ranulfo S.
Ruiz Leal, Adrian
Sáez Medina, Miguel
Serra, Luis Angel
Silvestre, Tomás
Suárez, Jorge Carlos
Tellechea, Manuel
Toso, Juan P.

SECCION LA PLATA

COMISION DIRECTIVA

Presidente, Dr. Emilliano J. Mac Donagh; Secretario, Dra. Juana Cortelezzi; Tesorero, Dr. Tomás C. Pera; Vocales: Dr. Ernesto Sabato, Dr. Danilo Vucetich, Ingº Fernando Lizarán, Ingº Emilio J. Ringuet.

SOCIOS ACTIVOS

Alsina Fuertes, Eldel
Angli, Jerónimo

Arroyo Basaldúa, Víc-
tor M.

Brau, Eduardo F.
Burgueño, José Luis

Coria, Pedro E.
Cortelezzi, Juana

Grespi Gherzi, Roberto A.	Loedel Palumbo, Enrique	Nico, Raúl	Sáez, Francisco A.
Christmann, Federico E.	Mac Donagh, Emilliano J.	Oliva, Virgilio	Sagastume, Carlos A.
Daló, Héctor R.	Madrid, Diógenes	Paternosto, Pedro G.	Sagastume Berra, A. E.
Gascón, Jorge	Magliano, Hilario	Pera, Tomás Carlos	Scheggia, Eduardo R.
Gershánik, Simón	Márquez, Aníbal R.	Platzceck, Ricardo P.	Teobaldo, Carlos
Giovambattista, Humberto	Marmonti, Angel	Ringuelet, Emilio J.	Trejo, César A.
Inda, Carmen	Massimino, Blas	Romano Yalour, Juan G.	Ucha Udabe, Manuel
Landolfi, José María	Méndez, José D.	Sabato, Ernesto R.	Vucetich, Danilo G.
Lizarán, Fernando	Mignanego, Alberto Armando	Sabato, Juan	Wilkens, Alejandro

SECCION TUCUMAN

COMISION DIRECTIVA

Presidente, Ingº Arturo M. Guzmán; Secretario, Dr. Luis N. Pizzorno; Tesorero, Dr. Raúl J. Blaisten; Vocales: Prof. Juan F. de Lázaro, Dr. Alejandro Terracini, Dr. Rafael Sorol, Prof. Clemente H. Balmori.

SOCIOS ACTIVOS

Altieri, Radamés A.	Deza Cenget, Dacio	Nanni, Luis Fernando	Schegg, Alfredo
Balmori, Clemente H.	Escalante, Dardo A.	Novillo, Napoleón R.	Silvetti, Luis María
Benvenuto, Terracini, Aron	Fontana, Iván R.	Peirano, Abel A.	Soria Bravo, Custodio
Blaisten, Raúl J.	Freiberg, Salomón	Peña Guzmán, Solano	Sorol, Rafael V.
Bogglatto, Dante E.	Fonio, Osvaldo A.	Pepe, O. Rodolfo	Storni, Julio S.
Cecillo, Armando	Frondizi, Risieri	Pizzorno, Luis N.	Terracini, Alejandro
Cernuschi, Félix	Greve, Walther	Robín, Maximiliano V.	Treves, Renato
Cetrángolo, Guillermo	Guzmán, Arturo M.	Rodríguez Marquina, Ello	Uslenghi, Alejandro S.
Conceição de la Cruz, Alfonso	Herrera, Félix E.	Rohmeder, Guillermo	Verna, Luis C.
Cross, William E.	Ibáñez, Adolfo P.	Saleme, Ernesto M.	Victoria, Virgilio A.
Cuenya, Carlos (h.)	Jung, Walter	Sánchez Reulet, Aníbal	Viria, Eugenio F.
Descole, Horacio R.	Lázaro, Juan F. de	Santillán, Luis A.	Wüschmidt, José
	Lebrón, Enrique Juan	Santillán, Prudencio	
	Manoff, Isaac		

SOCIOS CORRESPONDIENTES

Aguiar y Santillán, R.	México	Hijar y Haro, Luis	México
Alvarez, Antenor	Sgo. del Estero	Janet, Pierre	París
Amaral, Afranio de	San Pablo (Br.)	Jiménez de Asúa, Luis	Madrid
Avendaño, Leónidas	Lima	Kelper, Guillermo	Berlín
Bachmann, Carlos J.	Lima	Langevin, Paul	París
Bolívar, Ignacio	Madrid	Levi, Peppo	Rosario
Bonarelli, Guido	Gubbio (It.)	Lobo, Bruno	Río de Janeiro
Borel, Emile	París	Mardones, Francisco	Santiago (Ch.)
Bruch, Carlos	Olivos (Bs. As.)	Molina, Enrique	Concep. (Ch.)
Cabrera, Blás	Madrid	Monjaráz, Jesús E.	México
Campos Porto, Pablo	Río de Janeiro	Montel, Paul	París
Carabajal, Melitón M.	Lima	Moretti, Gaetano	Milán
Chester Bradley, J.	Ithaca, N. Y.	Oliver Schneider, Carlos	Concep. (Ch.)
Darmois, Eugenio	Nancy (Fr.)	Pereira d'Andrade, Lencastre	Nova Goa (I. P.)
Darmois, Georges	París	Perrin, Tomás G.	México
Dávila, Rubén	Santiago (Ch.)	Perrine, Carlos D.	Córdoba
Escomel, Edmundo	Lima	Pi y Suñer, Augusto	Barcelona
Fiebrig, Carlos	Munich (Al.)	Porter, Carlos E.	Santiago (Ch.)
Fontecilla Larrain, Arturo...	Santiago (Ch.)	Reyes Cox, Eduardo	Santiago (Ch.)
Fort, Michel	Lima	Rosenblatt, Alfred	Lima
García Godofredo	Lima	Rowe, Leo S.	Washington
González del Riego, Felipe ..	Lima	Tello, Julio C.	Lima
Goodspeed, Thomas H.	Berkeley, Cal.	Terracini, Alejandro	Tucumán
Greve, Germán	Santiago (Ch.)	Valle, Rafael H.	México
Günler, Philibert	Nancy (Fr.)	Vélez, Daniel M.	México
Hadamard, Jacques	París	Villarán, Manuel V.	Lima
Haurian, Luciano	Bruselas	Vitoria, Eduardo	Barcelona
Hernández, Juvenal	Santiago (Ch.)		